

Эмпирические исследования | Empirical research

Айтрекинг в нейропсихологическом исследовании особенностей зрительного гнозиса детей с нарушением слуха

Смирнова Я.К.

*Алтайский государственный университет (ФГБОУ ВО «Алтайский государственный университет»), г. Барнаул, Российская Федерация,
ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-5453-0144>, e-mail: yana.smirnova@mail.ru*

Григорова Ю.Е.

*Алтайский государственный университет (ФГБОУ ВО «Алтайский государственный университет»), г. Барнаул, Российская Федерация,
ORCID: <https://orcid.org/0009-0000-2065-7710>, e-mail: grigorovaev93@gmail.com*

Гордеева Л.Н.

*Алтайский государственный педагогический университет (ФГБОУ ВО «Алтайский государственный педагогический университет»), г. Барнаул, Российская Федерация,
ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-8304-0865>, e-mail: ludmilagord_1973@mail.ru*

Статья посвящена проблеме оценки состояния зрительного гнозиса детей с нарушением слуха с целью выявления возможных механизмов компенсации неравномерности развития психических функций и оценки возможностей коррекционного обучения. Мы объединили исследовательский потенциал классического нейропсихологического подхода с методологией айтрекинга с целью детального изучения через движения глаз неравномерности развития слуховой, зрительной и вербальной функции в переработке информации у детей с нарушением слуха. Задача состояла в том, чтобы провести не только классическую нейропсихологическую оценку зрительного гнозиса у детей с нарушением слуха, но и получить новые данные отслеживания движения взгляда при выполнении нейропсихологических проб. В исследовании приняли участие страдающие нарушением слуха дошкольники с кохлеарными имплантами (N=15) и типично развивающиеся дошкольники (N=16) в возрасте от 5 до 7 лет (M=6,1; SD=0,5). На первом этапе проводились классические нейропсихологические пробы на зрительный гнозис, на втором этапе применялся айтрекинг для фиксации движения глаз в процессе выполнения нейропсихологических проб дошкольниками. В нашем исследовании подтверждается слабость процессов переработки зрительной информации при выполнении нейропсихологических проб у детей с нарушением слуха. Анализ стратегий движения глаз, зафиксированный айтрекером при выполнении нейропсихологических проб, позволил выделить ряд особенностей зрительной переработки информации у детей с нарушением слуха: хаотичный поиск, изменение последовательности опознавания, снижение меры заметности («узнаваемости») изображений или снижение меры интереса (длительность

фиксаций и просмотра), слабость холистической стратегии и синтеза, фрагментарность восприятия. Отличается длительность пути сканирования, пространственной плотности фиксаций, регулярность сканирования, направление сканирования при опознавании изображений. Особенности стратегии визуального поиска наблюдаются в количестве переключений, времени фиксации, в паттернах переходов взгляда между областями интереса. У детей с нарушением при выполнении проб на зрительный гнозис фиксируется увеличение времени фиксаций, что говорит о когнитивной сложности восприятия. Сочетание слабости переработки слуховой и зрительной информации ведет к диффузности, некорректности соотнесения образа предмета и его вербального обозначения из-за бедности словаря детей с нарушением слуха.

Ключевые слова: зрительный гнозис, айтрекинг, нарушение слуха, дошкольный возраст.

Финансирование: Исследование выполнено при финансовой поддержке гранта РФФ 24-28-20061 «Айтрекинг исследование трудностей обучения, связанных с особенностями визуального внимания у детей с нарушением слуха».

Для цитаты: Смирнова Я.К., Григорова Ю.Е., Гордеева Л.Н. Айтрекинг в нейропсихологическом исследовании особенностей зрительного гнозиса детей с нарушением слуха // Клиническая и специальная психология. 2024. Том 13. № 3. С. 53–82. DOI: 10.17759/cpse.2024130303

Eye Tracking in Neuropsychological Research of Visual Gnosis Features in Children with Hearing Impairment

Yana K. Smirnova

Altai State University, Barnaul, Russia,

ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-5453-0144>, e-mail: yana.smirnova@mail.ru

Julia E. Grigorova

Altai State University, Barnaul, Russia,

ORCID: <https://orcid.org/0009-0000-2065-7710>, e-mail: grigorovaev93@gmail.com

Lyudmila N. Gordeeva

Altai State Pedagogical University, Barnaul, Russia,

ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-8304-0865>, e-mail: ludmilagord_1973@mail.ru

The article is devoted to the problem of assessing the state of visual gnosis in children with hearing impairment in order to identify possible mechanisms for compensating for uneven development of mental functions and assessing the possibilities of remedial

education. We combined the research potential of the classical neuropsychological approach with the eye-tracking methodology in order to study in detail through eye movements the uneven development of auditory, visual and verbal functions in information processing in children with hearing impairment. The task was to conduct not only a classical neuropsychological assessment of visual gnosis in children with hearing impairment, but also to obtain new data on eye tracking during neuropsychological tests. The study involved cochlearly implanted preschoolers with hearing impairment (N=15) and typically developing preschoolers (N=16) aged 5 to 7 years (M=6.1; SD=0.5). At the first stage, classical neuropsychological tests for visual gnosis were conducted, at the second stage, eye tracking was used to record eye movements during neuropsychological tests by preschoolers. Our study confirms the weakness of visual information processing processes during neuropsychological tests in children with hearing impairment. Analysis of eye movement strategies recorded by the eye tracker during neuropsychological tests allowed us to identify a number of features of visual information processing in children with hearing impairment: chaotic search, changes in the recognition sequence, decreased noticeability (“recognizability”) of images or decreased interest (duration of fixations and viewing), weakness of the holistic strategy and synthesis, fragmentation of perception. The duration of the scanning path, spatial density of fixations, scanning regularity, and scanning direction during image recognition differ. Features of the visual search strategy are observed in the number of switches, fixation time, and patterns of gaze transitions between areas of interest. In children with impairments, when performing tests for visual gnosis, an increase in the time of fixations is recorded, which indicates the cognitive complexity of perception. The combination of weakness in the processing of auditory and visual information leads to diffuseness, incorrectness of the correlation of the image of an object and its verbal designation due to the poverty of the vocabulary of children with hearing impairments.

Keywords: visual gnosis, eye tracking, hearing impairment, preschool age.

Funding: The study was carried out with the financial support of the Russian Science Foundation grant 24-28-20061 «Eye-tracking study of learning difficulties associated with the characteristics of visual attention in children with hearing impairment».

For citation: Smirnova Ya.K., Grigorova Yu.Ye., Gordeeva L.N. Eye tracking study of the characteristics of visual gnosis of children with hearing impairment. *Klinicheskaya i spetsial'naya psikhologiya = Clinical Psychology and Special Education*, 2024. Vol. 13, no. 3, pp. 53–82. DOI: 10.17759/cpse.2024130303 (In Russ., abstr. in Engl.)

Введение

Глухие дети с кохлеарными имплантами представляют собой важную клиническую группу, которую необходимо изучать для фундаментального осмысления влияния сенсорной депривации на развитие психики. На выборке детей с нарушением слуха можно проследить, как снижение уровня чувственного опыта детей за счет неточности, фрагментарности, замедленности ориентировки из-за недостаточности слухового сенсорного опыта сказывается на других аспектах развития психики.

После кохлеарной имплантации возможно развитие адекватного слухового восприятия (фактически соответствует 1–2-й степени тугоухости), что дает

возможность ребенку с кохлеарным имплантом развить фразовую речь. Однако у большинства детей после кохлеарной имплантации возникает монауральное звуковое восприятие, так как кохлеарная имплантация у большинства детей проводится на одно ухо. В связи с этим у ребенка возникают проблемы при локализации звука в пространстве, особенно при высокой когнитивной нагрузке, сложности восприятия речи при шуме, при общении с несколькими говорящими или на расстоянии более 2 метров. Более того, после имплантации в начальный период у детей наблюдается низкий объем слухоречевой памяти, сниженный уровень слухового внимания, высокий уровень истощаемости нервной системы при слуховых нагрузках. Ребенок с нарушением слуха обычно не в состоянии одновременно поддерживать внимание к собеседнику и к предмету разговора одновременно. Он должен разделять свое внимание к человеку и объекту разговора последовательно. При нарушении слуха наблюдается каскадный эффект первичных и вторичных дефектов. У детей с нарушением слуха в структуре психических расстройств преобладают смешанные специфические расстройства развития, умственная отсталость и речевые расстройства [7], присутствуют нарушения формирования разных сторон психики, начиная с низшего уровня познавательной деятельности (в форме ощущений) и заканчивая высшим уровнем (мышлением). Приводятся данные о задержке развития психомоторики, многочисленных отклонениях в развитии личности, а также возможности психических расстройств психогенного происхождения [5; 11; 16].

Некоторые исследования показывают, что даже после восстановления слуха с помощью кохлеарной имплантации у многих детей по-прежнему наблюдается задержка в развитии нейронных цепей, лежащих в основе систем обработки информации [18; 28]. У детей этой группы фиксируется задержка созревания и реорганизация последовательности процесса обработки перцептивной информации.

Все эти особенности не только сказываются на кодировании акустических сигналов слуховым нервом, но и отражают изменения обработки информации в целом в других модальностях. Мозг представляет собой интегрированную функциональную систему, нарушение обработки сенсорной информации и последствия сенсорной депривации даже одной модальности (например, слуховой) не являются полностью независимыми от остальной части нейрокогниции и могут иметь вторичные эффекты, влияющие на мозг и познавательные способности [28]. Глухота приводит к реорганизации кортикальных функций и потере слухового чувства на раннем этапе развития и может вызвать каскад сложных эффектов, которые изменят весь набор перцептивных и когнитивных способностей ребенка, а не только тех, которые напрямую связаны со слухом и обработкой акустических сигналов [18]. Глухота также влияет на последовательность обработки неслуховой и невербальной информации.

Современные данные исследований отражают дополнительный эффект слуховой депривации в виде нарушений неслуховых функций обработки информации [27]. Предполагается, что различия, возникающие в результате нейронной и когнитивной реорганизации из-за глухоты, могут сказываться и на обработке зрительной информации, особенно навыках, связанных с обработкой, представлением и организацией последовательности визуальных и зрительно-моторных паттернов [21]. Возможное объяснение механизма такого изменения последовательности обработки информации будет заключаться в том, что звуковой сигнал, по сравнению со зрительным, несет информацию более высокого уровня, связанную со временем

предъявления и последовательностью порядка предъявления стимула. С этой точки зрения слух является основным шлюзом для восприятия последовательных паттернов информации высокого уровня. У детей с нарушением слуха ввод данного типа информации будет осуществляться с задержкой или недоступен. J.M. Conway объясняет это гипотезой слухового каркаса [21; 22]. По данным его исследования, депривация опыта восприятия и производства звука, отсутствие слуховой стимуляции препятствуют развитию навыка обработки информации, вследствие чего изменяется последовательность различных этапов ее обработки.

Меняя последовательность и время обработки информации, глухота изменяет пространственное распределение зрительного внимания. Различия между глухими и слышащими людьми особо отмечаются преимущественно в условиях зрительного внимания — например, при обработке информации в условиях неопределенности и/или выборе цели среди отвлекающих факторов [18]. В частности, у глухих людей наблюдается повышение производительности при выполнении задач, выполняемых на зрительной периферии [23]. Ряд исследований показывает, что даже при отсутствии различных мешающих факторов глухота приводит к смещению пространственного распределения внимания, в результате чего усиливается внимание к периферическому, но не к центральному полю зрения [18]. Слуховая депривация может привести к усилению отбора стимулов, предъявляемых периферически, — кроссмодальному усилению зрительного избирательного внимания [23].

При опоре на предыдущие исследования мы исходили из предположения, что у глухих детей могут возникнуть специфические нарушения зрительной обработки информации. Однако на сегодняшний день данные о состоянии зрительного гнозиса детей с нарушением слуха противоречивы и фрагментарны.

Например, сторонники «компенсаторной пластичности» утверждают, что недостаток слуховой стимуляции у глухих компенсируется улучшением зрительного познания [18; 28].

Так, несколько исследований показали, что ранняя слуховая депривация (глухота) приводит к специфическим, компенсаторным изменениям зрительных функций. Известно, что нарушения слухового анализатора, особенно в раннем возрасте, приводят к реорганизации функциональных систем мозга и к кроссмодальной перестройке обработки информации с вовлечением в процесс не предназначенных для этого в норме нейронных структур мозга [10]. Поэтому считается, что связанное с потерей слуха ослабление исполнительного внимания и вербального интеллекта может быть компенсировано развитием зрительно-пространственных функций [10]. Это подтверждают данные Т.В. Розановой [13], которая выявила, что глухие дети воспринимают стимулы кинестетическим способом значительно менее точно, чем зрительным.

Основываясь на фактах компенсаторных возможностей в течение многих лет, отметим, что практически все методы обучения детей с нарушением слуха предполагают активное использование зрительно-пространственных способов представления учебных материалов.

В то же время исследования механизмов трудностей обучения через анализ зрительных функций показывают, что в дошкольном возрасте трудности зрительного

анализа информации и опознавания встречаются у 20% и типично развивающихся детей, и детей с атипичным развитием, что сказывалось на успешности их обучения [2; 3]. Предыдущие исследования демонстрируют, что дети с нарушением слуха имеют особенности визуального внимания во время выполнения учебного задания, по сравнению со своими слышащими сверстниками [27]. У детей с нарушением слуха отмечается недоразвитие в плане зрительного восприятия, в частности низкая скорость восприятия и узнавания предметов. Исследования Conway [21; 22], Yurkovic-Harding [32], Monroy, Yu, Houston [29], Sarant, Harris, Benneta [30] показали, что после кохлеарной имплантации дети с нарушением слуха по-прежнему демонстрировали более слабые результаты обучения, чем типично развивающиеся дети, в частности из-за отставания в развитии навыков визуального обучения.

У детей с нарушением слуха иные, чем у слышащих, сенсорные основы формирования первичных образов слов. Важно также подчеркнуть, что у детей с нарушением слуха наблюдается одновременно слабость переработки и слуховой, и зрительной информации. Это подтверждает взаимосвязь разных стратегий переработки зрительной и зрительно-пространственной информации и вербальных процессов [1]. У слышащих первичным образом слова является слуховой, у детей с нарушением слуха — зрительный, подкрепляемый двигательными ощущениями (артикуляцией, тактилизацией или письмом). Но в связи с депривацией речевого канала у детей с нарушением слуха цепочка восприятия «предмет — зрительный образ — слово» оказывается нарушена. Период слуховой (и/или лингвистической) депривации на ранних этапах развития может привести к общему изменению последовательности обработки информации, особенно в отношении стимулов, поддающихся вербальным представлениям.

В некоторых исследованиях показано, что у детей с нарушением слуха наблюдаются трудности запоминания зрительных стимулов, которые не поддавались словесному обозначению, а также сложности выполнения задач на визуально-пространственную память [24].

То есть данные предыдущих исследований позволяют предположить, что период глухоты на ранних стадиях развития может вызывать вторичные нарушения навыков зрительной обработки информации [22]. Или считается, что слуховая депривация приводит к дефициту зрительного избирательного внимания [23].

Ранее была обнаружена специфика зрительно-моторной интеграции и зрительно-пространственной обработки информации у детей с нарушением слуха. Показано, что дети с нарушением слуха демонстрируют атипичную последовательность обработки зрительной информации, по сравнению с нормально слышащими детьми того же возраста [21]. В первую очередь это связано с тем, что у детей с нарушением слуха страдает умение кодировать зрительный образ предмета по его словесному обозначению [22]. Детям с нарушением слуха также трудно было выполнять задания на кратковременную память, требующие выработки определенных кодов зрительных действий.

Интересно, что другие исследования показывают противоречивые данные о том, что глухие люди могут лучше справляться с задачами, требующими зрительно-пространственной когнитивной обработки, чем слышащие [18; 21; 22; 27].

Поэтому актуальным является выявление того, нарушен ли зрительный гнозис у детей с нарушением слуха.

Изучение зрительного гнозиса ребенка позволяет оценить не только его возможности по переработке зрительной информации, но и те процессы, которые отражаются на способности к зрительному анализу и синтезу (нейродинамические характеристики, программирование и контроль, ориентировка в зрительном поле). Особую роль в дальнейшем обучении речи детей с нарушением слуха играет изучение связи зрительного и слухового образа слова.

Для этого необходимо понимать состояние зрительного гнозиса с целью выявления возможных механизмов компенсации расстройств психических функций, оценки динамики коррекционного обучения и предупреждения недоразвития функциональных систем психики детей с нарушением слуха.

Мы опираемся на идею о системном строении высших психических функций (ВПФ) и их неравномерности развития. При коррекции и обучении детей с нарушением слуха важно понимать, какие функции нарушены, а какие остались сохранными.

У детей с нарушением слуха неравномерно развиваются слуховая, зрительная-перцептивная и вербальная функции, которые определяют различия в переработке зрительной информации. При этом проводится мало исследований неравномерности развития компонентов ВПФ у детей с нарушением слуха.

На выявление неравномерности развития компонентов ВПФ как раз и направлена методология нейропсихологического анализа. При этом исследования сенсорных нарушений у детей с нарушением слуха немногочисленны, а комплексные исследования практически отсутствуют. Накоплены лишь отдельные фрагментарные данные.

Например, Г.Т. Ишанходжаева [6], К.Д. Кривоногова, О.М. Разумникова [10] проводили нейропсихологическое исследование когнитивной деятельности детей и взрослых с нейросенсорной тугоухостью. В исследованиях Ишанходжаевой дети с нейросенсорной тугоухостью в возрасте от 3 до 10 лет при выполнении невербальных заданий часто совершали ошибки в тесте «Недостающие детали», показывали низкое качество выполнения субтестов «Принятие формы», «Кубики Кооса» и «Кодирование» [6]. По данным этого исследования, у детей с нарушением слуха наблюдался низкий невербальный интеллект, основанный на визуализации, зрительной памяти и внимании [6], они показали низкие навыки сложения трехмерных схем и работы с пространственными изображениями, при выполнении субтеста «Последовательность изображений» реже разделяли части картинки, чем дети контрольной группы [6], а также показали несформированные навыки зрительного опознавания знакомых предметов, пространственного восприятия, умения различать важные и второстепенные предметы в зрительных образах [6]. При этом данные особенности не компенсируются в более позднем возрасте. Кривоногова и Разумникова показали, что у студентов в возрасте 19 лет с сенсоневральной тугоухостью также наблюдается снижение вербального интеллекта и скорости селекции зрительно предъявленной информации, но возрастная компенсация зрительной функции наблюдается только в показателях образно-пространственного интеллекта [10].

В нейропсихологическом исследовании Г.В. Сенченко, В.В. Лазарян, А.Ю. Сенченко [14], Л.М. Шипицыной [17] у детей с нарушением слуха выявлено нарушение слухоречевой

памяти в виде низкой мнестической продуктивности, флуктуации объема заучивания в разных предъявлениях, низкая устойчивость следов памяти и интерференции; нарушение акустического гнозиса; нарушение квазипространственного представления, трудности понимания логико-грамматических конструкций, предложных конструкций; снижение динамического праксиса в виде упрощения программы, нарушения последовательности движений при самостоятельном выполнении; нарушение реципрокной координации через соскальзывание на одноименные движения при самостоятельном выполнении; недоступность экспрессивной речи. Был проведен опыт нейропсихологической оценки динамики психического развития детей с сенсоневральной тугоухостью 4-й степени после 6 месяцев использования кохлеарных имплантов [1]. Анализ первичных данных исследования показал снижение относительно нормы кинестетического, динамического, пространственного праксисов, уровней слуховой и речевой интеграции, слухового восприятия, разборчивости устной речи даже после кохлеарной имплантации. Для нас важны отличия в «зрительно-пространственном» гнозисе, который наблюдался у детей до имплантации и после. После нее наблюдались улучшения в состоянии зрительно-пространственного гнозиса, но он также не соответствовал группе типично развивающихся детей.

Л.М. Шипицына связывает эти особенности с ограничением ассоциативной деятельности мозга, вызванной дисфункцией не только проекционной слуховой, но и ассоциативных зон левого, доминантного к речи, полушария, а также повышением функциональной активности правого полушария. При исследовании высших корковых функций также были выявлены нарушения двухмерного пространственного чувства [17].

Как мы видим, нейропсихологические данные о состоянии зрительного гнозиса детей с нарушением слуха немногочисленны и фрагментарны.

Еще одна проблема в изучении зрительного гнозиса детей с нарушением слуха — это используемые методы, а также особенности психологической диагностики детей с сенсорными нарушениями [7].

Долгое время отсутствовали исследовательские инструменты для объективного отображения перцептивной деятельности, в том числе детей с нарушением слуха. Развитие технологий метода айтрекинга позволяет объективно проследить специфику перцептивных процессов, регистрируя движения глаз.

Реконструируя движения глаз, мы можем анализировать процессы выбора и интеграции визуальной информации, фиксировать моменты зрительного внимания и рассматривать его в пространственной (фиксации в зонах интереса) и временной согласованности — и тем самым выявлять специфические трудности зрительного гнозиса [19; 20; 26; 31]. Появляется возможность ответить на вопрос, действительно ли существует пространственное смещение зрительного восприятия, изменение последовательности и времени обработки информации у детей с нарушением слуха [23; 24; 25]. Поэтому мы объединили исследовательский потенциал классического нейропсихологического подхода с методологией айтрекинг-исследований.

Задачей стало не только провести классическую нейропсихологическую оценку зрительного гнозиса у детей с нарушением слуха, но и получить новые данные отслеживания движения взгляда при выполнении детьми с нарушением слуха

нейропсихологических проб. Это особенно важно, так как в ситуации диагностики мы не можем опираться на речевой ответ ребенка с нарушением слуха в связи с ограничением словаря, а значит, и объективно проанализировать речевые ошибки.

В этой ситуации айтрекинг позволит объективно зафиксировать трудности зрительного гнозиса, связанные с особенностями визуального внимания и рядом когнитивных функций (переработкой зрительной, слуховой и пространственной информации).

При помощи применения айтрекинга при выполнении нейропсихологических проб на зрительный гнозис можно реконструировать через паттерны движения глаз трудности использования детьми с нарушением слуха зрительных эталонов, формирование которых происходит под влиянием речи.

Айтрекинг позволит зафиксировать конкретную специфику и стратегию обработки информации детьми с нарушением слуха, выявить связь особенностей переработки информации (зрительной, слуховой и пространственной) и специфики окулomotorной активности детей с нарушением слуха.

За счет объединения нейропсихологической оценки когнитивных функций и айтрекинга на выборке детей с нарушением слуха можно объективно проследить неточность, фрагментарность, замедленность ориентировки из-за недостаточности слухового сенсорного опыта и понять, как это связано с несформированной вербальной функцией, что позволит уточнить механизм, который приводит к первичным и вторичным трудностям зрительного опознавания.

На основании предыдущих исследований мы исходили из того, что в механизмах переработки зрительной информации у детей с нарушением слуха и типично развивающихся детей будут различия.

Цель исследования — изучить влияние слуховой депривации на зрительный гнозис детей с нарушением слуха. Основная задача — получить новые данные отслеживания движения взгляда при выполнении нейропсихологических проб детьми с нарушением слуха для фиксации особенностей зрительной обработки информации.

Процедура и методы

Эмпирическая выборка исследования: 15 страдающих нарушением слуха дошкольников с кохлеарными имплантами (сенсоневральная тугоухость, класс Н90 по МКБ-11), средний возраст $5,4 \pm 0,8$. Кохлеарная имплантация производилась в возрасте 3 лет.

Дошкольники имеют официальный диагноз: двусторонняя выраженная сенсоневральная тугоухость (средний порог слухового восприятия на частотах 0,5, 1, 2 и 4 кГц — более 90 дБ). Дошкольники с кохлеарным аппаратом способны воспринимать звуковые сигналы, неречевые звучания и реагировать на них. Они обладают достаточными для проведения исследования уровнями когнитивного развития, восприятия, распознавания и понимания обращенной к ним речи. Дети обучены применять звукоусиливающую аппаратуру коллективного и индивидуального пользования.

Выборка уравнена по времени возникновения слухового дефекта, по педагогическим условиям и по времени проведения кохлеарной имплантации.

До и после кохлеарной имплантации на базе специализированного детского сада дети получили коррекционную помощь для развития языковой способности: сенсорной основы восприятия словесной речи (зрительного, слухо-зрительного, тактильно-вибрационного); подражания предметным и речевым действиям взрослого; умения применять в общении любые усвоенные речевые действия и средства; умения соотносить устное, письменное слово с обозначаемым содержанием; умения улавливать аналогии в языковых формах.

Дошкольники с кохлеарным аппаратом как особая группа детей находятся в периоде перестройки коммуникации взаимодействия со взрослым и сохраняют особый (переходный) статус.

Группа контроля — 16 типично развивающихся дошкольников, 8 мальчиков и 8 девочек, средний возраст $6,1 \pm 0,4$.

Для проверки отличий по возрасту выборки был применён t-критерий. Статистически достоверных отличий возрастных групп детей 5 и 6 лет не обнаружено ($p=0,7$).

Процедура исследования. На первом этапе были применены классические нейропсихологические пробы для изучения зрительного гнозиса:

- узнавание реальных предметов (предъявлялось 16 изображений, 2 листа с 10 и 6 изображениями);
- узнавание контурных перечеркнутых изображений (предъявлялось 6 изображений на 1 листе);
- узнавание наложенных изображений (предъявлялось 10 изображений на 1 листе, разбитых на две группы по 5 наложенных изображений);
- узнавание незавершенных изображений (предъявлялось 6 изображений на 1 листе).

Эти пробы наиболее чувствительны к стратегиям переработки зрительной информации и процессам зрительного опознавания.

Использовался «Диагностический альбом для оценки развития познавательной деятельности ребенка» Н.Я. Семаго, М.М. Семаго, так как он применим с 3,5–4-летнего возраста. В данном комплекте используются изображения, взятые из классического альбома А.Р. Лурия.

В ходе выполнения задания оценивались: состояние зрительного гнозиса; правильное опознание реальных, зашумленных, наложенных изображений; виды помощи; количество подсказок, необходимых для выполнения задания.

Количественная оценка производилась по шкале от 0 до 3 баллов (по Ж.М. Глозман): 0 — безошибочное узнавание всех предъявленных изображений (0,5 — единичные импульсивные ошибки); 1 — правильное опознавание изображений предмета только после того, как ребенок сам обводит контур изображения при стимуляции психологом; 2 — множественные ошибки по типу фрагментарности восприятия / игнорирование одной стороны зрительного пространства или части конфликтного изображения /

трудности симультанного синтеза при восприятии; 3 — некорректируемые ошибки узнавания более половины как реальных, так и зашумленных или конфликтных изображений.

На втором этапе данные нейропсихологические пробы были применены с айтрекером. На экране компьютера ребенку предъявлялся классический стимульный материал нейропсихологических проб на зрительный гнозис, и в процессе выполнения пробы фиксировались движения глаз. Для контроля эффекта интерференции первого экспериментального воздействия нами был выбран временной интервал между нейропсихологическим тестированием и айтрекинговым тестированием в 2 месяца. Для контроля эффекта обучаемости и влияния предыдущего тестирования на айтрекинг листы с изображениями нейропсихологических проб предъявлялись в иной последовательности.

При нейропсихологической диагностике детей с нарушениями слуха наблюдались следующие трудности, связанные со специфическими особенностями психического развития:

- высокая распространенность речевых расстройств, проявляющихся в нарушениях произношения, ограничении словаря (как активного, так и пассивного) и т.д.; использование жестовой речи;
- вследствие имеющихся сочетанных дефектов слуха и речи часто имело место непонимание ребенком обращенных к нему фраз.

В связи с этим задание модифицировалось. Классическое предъявление заданий предполагает сильное участие понимания речи и номинативной функции — ребенок должен показать картинку или же назвать объекты. Но у детей с нарушением слуха активный словарь сильно ограничен и искажен при сохранности понимания обращенной к нему речи. В нашем исследовании также в пробах ребенку предъявляли изображения и просили опознать и назвать их. Модификация с учетом нарушения слуха заключалась в том, что дети с кохлеарными имплантами не обладают достаточным объемом активного словаря (и он значительно искажен по произношению) и поэтому не всегда могут назвать предмет (но опознают его), либо некорректно произносят слово, либо заменяют его на доступное или отдельные звуки. Поэтому чаще всего дети с нарушением слуха не могли назвать предъявляемые изображения (не было в активном словаре), и мы для исследования пассивного словаря просили показать предмет по названию (в диагностическом альбоме для оценки развития познавательной деятельности ребенка Н.Я. Семаго и М.М. Семаго описана данная возможность проведения процедуры тестирования). От ребенка не требовалось назвать предмет, а инструкция включала опознавание и указание на предмет. Ограничение словаря не позволяло объективно анализировать речевые ошибки, поэтому мы их не учитывали. Контрольную группу типично развивающихся детей также просили указать на предмет по названию.

Ребенку предъявляли изображения предметов и просили показать предмет или его часть по названию («Посмотри на все изображения и покажи, где ...»).

При узнавании наложенных изображений ребенку предлагалось узнать предмет по названию и пальцем обвести контур изображения, которое нужно было обозначить («Перед тобой лежит лист, на котором нарисованы контурные рисунки. В этих рисунках

«спрятаны» многие известные тебе предметы. Посмотри, пожалуйста, очень внимательно, где на этих рисунках ... и обведи пальцем контур его изображения»).

При айтрекинг-исследовании инструкция к пробам сохранялась, но ребенку необходимо было указать предмет или обвести его контур на экране компьютера с предъявляемым стимульным материалом.

Аппаратура: стационарный айтрекер GP3, точность регистрации 0,5–1°; частота дискретизации 60 Гц; калибровка 5- или 9-точечная; область свободного перемещения головы 25 см по горизонтали, 11 см по вертикали.

Изображения предъявлялись на экране ноутбука 39,6 см (15,6"), Full HD (1920 x 1080), 16:9 ComfyView. Размер изображений — 600*480. Изображения менялись контролируемо по нажатию клавишей экспериментатором после ответа ребенка. Расстояние просмотра от глаз ребенка до монитора не менее 30 см (требования к условиям и организации обучения в общеобразовательных учреждениях).

Высота сиденья стульев — 34 см, ширина — 29 см (по ГОСТ 19301.2-2016 Мебель детская дошкольная — Функциональные размеры стульев).

Упор для фиксации головы не использовался.

При помощи айтрекинга мы анализировали паттерны движения глаз детей во время выполнения нейропсихологических проб.

В качестве области интереса были отдельно выделены изображения каждого предмета на стимульном материале каждой из проб.

Для анализа специфики движения глаз нами была произведена:

- визуализация перемещения взора в виде графиков движения глаз;
- визуализация при помощи тепловых карт;
- анализ количественных параметров.

При помощи айтрекера во время процедуры исследования фиксировались:

- количество фиксаций до первой фиксации на области интереса;
- время до первой фиксации на области интереса;
- общее время просмотра области интереса;
- продолжительность первой фиксации на области интереса;
- число возвратов в область интереса;
- средняя продолжительность фиксации на области интереса;
- соотношение испытуемых, просмотревших данную аоі, к общему объему выборки;
- общее количество фиксаций на области интереса;
- средняя амплитуда саккад на области интереса;
- общее количество саккад на области интереса;
- общая длина пути сканирования области интереса;
- соотношение площади области интереса к площади стимула.

В результатах исследования представлены только те показатели, которые имели статистически значимые различия.

Результаты

Состояние зрительного гнозиса детей с нарушением слуха

На первом этапе был произведен анализ трудностей зрительного гнозиса у детей с нарушением слуха при выполнении нейропсихологических проб на:

- узнавание реальных предметов;
- узнавание контурных перечеркнутых изображений;
- узнавание наложенных предметов;
- узнавание незавершенных изображений.

Таблица 1

Результаты нейропсихологических проб на зрительный гнозис детей с нарушением слуха

Проба	Балл	Среднее количество опознанных изображений, M±SD	Виды помощи	
			вербальные	жестовые
Узнавание реальных предметов	2,2	9,28±5,21 (из 16)	+	+
Узнавание контурных перечеркнутых изображений	2,4	2,28±2,05 (из 6)	+	+
Узнавание наложенных изображений	2,2	2,85±1,06 (из 10)	+	+
Узнавание незавершенных изображений	2,2	2,3±1,3 (из 6)	+	+

Средний балл во всех пробах на зрительный гнозис у детей с нарушением слуха — 2 балла, что свидетельствует о фрагментарности восприятия (по Ж.М. Глозман, Т.В. Ахутиной).

В норме при исследовании зрительного гнозиса опознавание реалистических изображений доступно уже в 3 года, безошибочное опознавание большинства перечеркнутых изображений — в 4–5 лет (по Н.Я. Семаго, М.М. Семаго; Ж.М. Глозман, Т.В. Ахутиной). У детей с нарушением слуха наблюдаются ошибки опознавания во всех пробах (таблица 1). Ошибки были часто некорректируемые.

В ходе проведения нейропсихологической диагностики детей с нарушением слуха были выявлены следующие сложности при предъявлении материала:

1. Для понимания и верного выполнения задания требовалось неоднократное предъявление инструкции с использованием (в 90% случаев) одной из двух видов подсказок:
 - вербальные — упрощение предъявляемой инструкции;

- жестовые — сопровождение словесной инструкции жестом, обозначающим объект или предмет, который требуется показать.

2. Сама ситуация проведения эксперимента — в связи с трудностью понимания цели исследования и обращенной речи у ребенка наблюдалось снижение мотивации.

Несмотря на то, что дети с нарушением слуха опознавали предметные, реалистические, перечеркнутые, незавершенные изображения, можно выделить следующие особенности зрительного гнозиса детей с нарушением слуха:

- Узнавание предметов осуществляется чаще всего по догадке и по фрагментарно выделенным деталям.
- Наблюдаются трудности симультанного синтеза при восприятии.
- В связи с нарушением номинативной функции речи при поиске предмета наблюдается утрата чувства знакомости и устойчивости узнавания предмета по его словесному обозначению. В первую очередь это связано с нарушением категориальной, обобщающей функции речи, трудностью выделения существенных признаков предметов.
- В процессе опознания наблюдается отвлекаемость от существенных признаков.
- Опознание предметов осуществляется развернуто, стратегия зрительного поиска носит хаотичный характер. Типичной ошибкой, наблюдаемой у большинства детей с нарушением слуха, является нарушение целенаправленности действий, которое проявляется в хаотичном рассматривании предложенных стимулов вместо того, чтобы направить свое внимание на какой-то один из них.
- Отмечается низкая познавательная активность, и не всегда доступно выполнение задания.

Кроме того, у большинства детей с нарушением слуха наблюдалась неустойчивость внимания и высокая истощаемость. В ходе нейропсихологической диагностики у слабослышащих детей были отмечены трудности удержания тонуса при выполнении задания, программировании и контроле за своей деятельностью.

В ситуации диагностики также были обнаружены некоторые закономерности поведения, свойственные детям с нарушением слуха. При предъявлении словесной инструкции, не подкрепленной никаким видом подсказки, дети обращали повышенное внимание на то, как экспериментатор произносит слова, т.е. читали «по губам».

Следует упомянуть, что поведение детей с нарушением слуха во время проведения диагностики отличалось поиском одобрения со стороны экспериментатора, повышенным двигательным возбуждением. При узнавании предметов, предложенных экспериментатором, они могли показать, как правильно взаимодействовать с этим предметом.

Отличия движений глаз при выполнении нейропсихологических проб детей с нарушением слуха и типично развивающихся детей

Далее при помощи t-критерия Стьюдента был произведен анализ данных о движениях глаз детей с нарушением слуха и типично развивающихся детей. При

выполнении нейропсихологических проб на зрительный гнозис были выявлены различия в паттернах движения глаз.

В пробе на узнавание реалистических изображений у детей с нарушением слуха проходит больше времени до первой фиксации, чем у типично развивающихся детей (табл. 2).

Таблица 2

Различия глазодвигательной активности у детей с нарушением слуха и типично развивающихся детей в пробе на узнавание реалистических предметов

Критерий для независимых выборок					
	Критерий равенства дисперсий Ливиня		t-критерий равенства средних		
	F	Значимость	t	Ст.св.	Значимость (2-сторонняя)
Время до первой фиксации на области интереса (в секундах)	1,324	0,314	-7,390	4	0,002

Группа	Среднее	Стд. ошибка среднего
Время до первой фиксации на области интереса (в секундах)	Типично развивающиеся дошкольники	0,28
	Дошкольники с нарушением слуха	1,17

Время до первой фиксации обычно отображает заметность объекта: чем меньше показатель, тем объект заметнее; таким образом указывается время, затраченное от начала предъявления стимула до начала просмотра определенной области. Детям с нарушением слуха требуется больше времени, прежде чем они заметят необходимое изображение. Увеличенное время до первой фиксации также может указывать на использование восходящего механизма внимания (как само изображение привлекает внимание). Можно предположить, что у детей с нарушением слуха возникают трудности нисходящих механизмов внимания (когда им необходимо ставить цель поиска, а не само изображение их привлекает).

Увеличенное время до первой целевой фиксации можно объяснить развернутым ориентировочным процессом, так как наблюдалось большое количество фиксаций на нерелевантных областях до первой фиксации на области интереса.

Также мы проанализировали стратегии зрительного поиска при узнавании реалистических изображений у детей с нарушением слуха (рис. 2) и типично развивающихся детей (рис. 1) по графикам движения глаз и тепловым картам.

У детей с нарушением слуха наблюдаются более хаотичные движения, много фиксаций в нерелевантных зонах и самих фиксаций больше, чем у типично развивающихся детей. Дети с нарушением слуха делают больше возвратов в уже просмотренные зоны. На тепловых картах также видно, что области зоны интереса у дошкольников с нарушением слуха в отличие от типично развивающихся детей также рассредоточены и часто не в релевантных областях. Если у типично развивающихся

детей ориентировочный процесс носит свернутый характер, фиксации происходят «точно» и последовательно в релевантных областях для поиска изображения, а стратегия движения глаз отображает целенаправленный поиск необходимого изображения, то у детей с нарушением слуха ориентировочный процесс часто хаотичный и нецеленаправленный, непоследовательный.

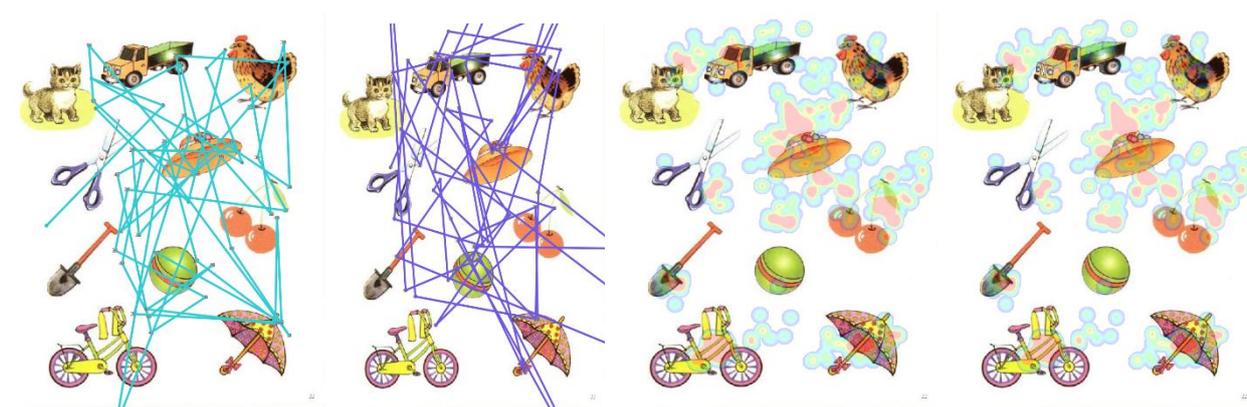


Рис. 1. Примеры типичных индивидуальных графиков движения глаз и тепловых карт типично развивающихся детей в пробе на узнавание реалистических предметов



Рис. 2. Примеры типичных индивидуальных графиков движения глаз и тепловых карт у детей с нарушением слуха в пробе на узнавание реалистических предметов

В пробе на узнавание контурных перечеркнутых изображений у детей с нарушением слуха в отличие от типично развивающихся детей ниже средняя амплитуда саккад на области интереса (таблица 3).

Чем меньше показатель амплитуды саккад, тем больше когнитивная нагрузка [4; 15]. Детям с нарушением слуха сложнее обработать изображение и узнать предмет, что свидетельствует о более высокой ментальной нагрузке при выполнении проб.

Таблица 3

Различия глазодвигательной активности детей с нарушением слуха и типично развивающихся детей в пробе на узнавание контурных перечеркнутых изображений

Критерий для независимых выборок					
	Критерий равенства дисперсий Ливиня		t-критерий равенства средних		
	F	Значимость	t	Ст.св.	Значимость (2-сторонняя)
Средняя амплитуда саккад на области интереса	10,563	0,006	2,237	13	0,043
Группа			Среднее	Стд. ошибка среднего	
Средняя амплитуда саккад на области интереса	Типично развивающиеся дошкольники		5,89	0,171	
	Дошкольники с нарушением слуха		4,82	0,53	

На графиках движения глаз и тепловых картах у детей с нарушением слуха (рис. 3) также наблюдается больше фиксаций и саккад, расширение поля сканирования, увеличение возвратов при просмотре к одной и той же области по сравнению с типично развивающимися детьми (рис. 4). Дети с нарушением слуха хаотично меняют стратегию опознавания. Это подтверждает, что для них изображение сложнее для восприятия и больше когнитивная нагрузка.

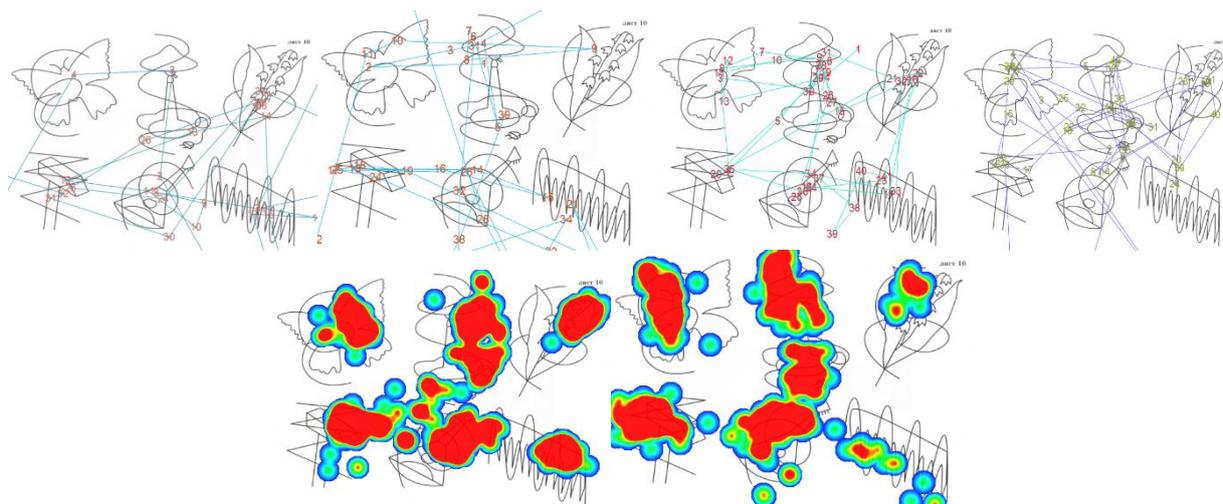


Рис. 3. Примеры типичных индивидуальных графиков движения глаз и тепловых карт типично развивающихся детей в пробе на узнавание контурных перечеркнутых изображений

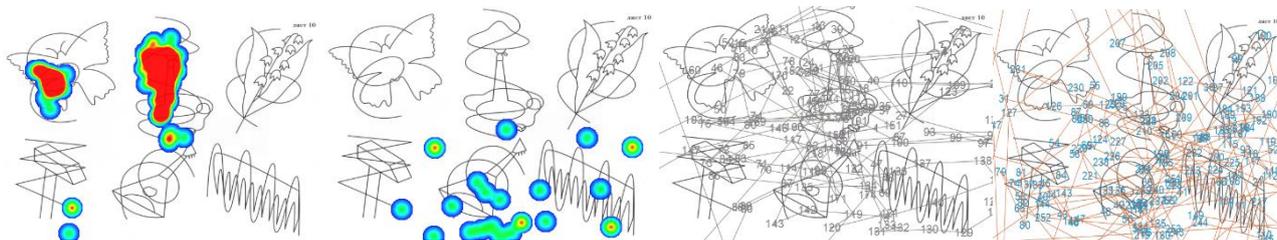


Рис. 4. Примеры типичных индивидуальных графиков движения глаз и тепловых карт детей с нарушением слуха в пробе на узнавание контурных перечеркнутых изображений

В пробе на узнавание наложенных изображений у детей с нарушением слуха в отличие от типично развивающихся детей меньше общее время просмотра области интереса (табл. 4).

Таблица 4

Различия глазодвигательной активности у детей с нарушением слуха и типично развивающихся детей в пробе на узнавание наложенных изображений

Критерий для независимых выборок	Критерий равенства дисперсий Ливиния		t-критерий равенства средних		
	F	Значимость	t	Ст.св.	Значимость (2-сторонняя)
Общее время просмотра области интереса (в секундах)	10,306	0,007	6,224	12	0,000
Группа	Типично развивающиеся дошкольники		Среднее		Стд. ошибка среднего
	Дошкольники		63,84		2,37
	С нарушением слуха		19,17		8,89

Общее время просмотра, с одной стороны, связано со скоростью обработки информации, отображающей общую сложность, с другой стороны, этот показатель можно рассматривать как степень интереса к объекту [4; 15]. Скорее всего, меньшее время просмотра у детей с нарушением слуха можно объяснить трудностью поддержания интереса и удержания внимания в ходе поиска изображений.

Эти данные дополняются результатами по тепловым картам и графикам движения глаз, по которым видно, насколько больше фиксаций совершают дети с нарушением слуха (рис. 6) в отличие от типично развивающихся детей (рис. 5). Заметны широкое поле сканирования и непоследовательные фиксации. По зонам интереса также видно, насколько сложно им поддерживать внимание и осуществлять поиск наложенных предметов. Можно предположить, что в этом задании детям с нарушением слуха сложнее всего соотнести обозначение предмета словом с его изображением и они не поддерживают внимание к изображению, прекращая поиск.

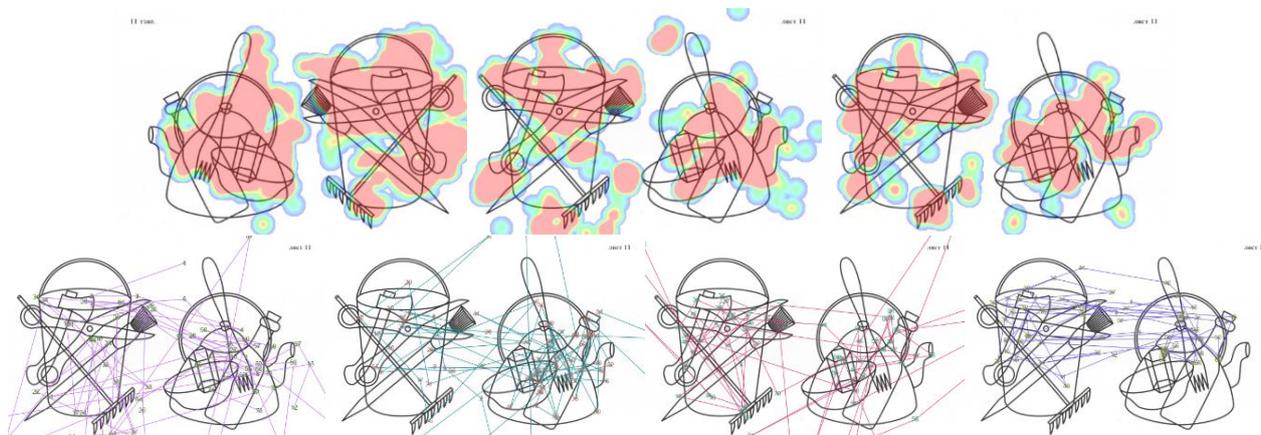


Рис. 5. Примеры типичных индивидуальных графиков движения глаз и тепловых карт типично развивающихся детей в пробе на узнавание наложенных изображений

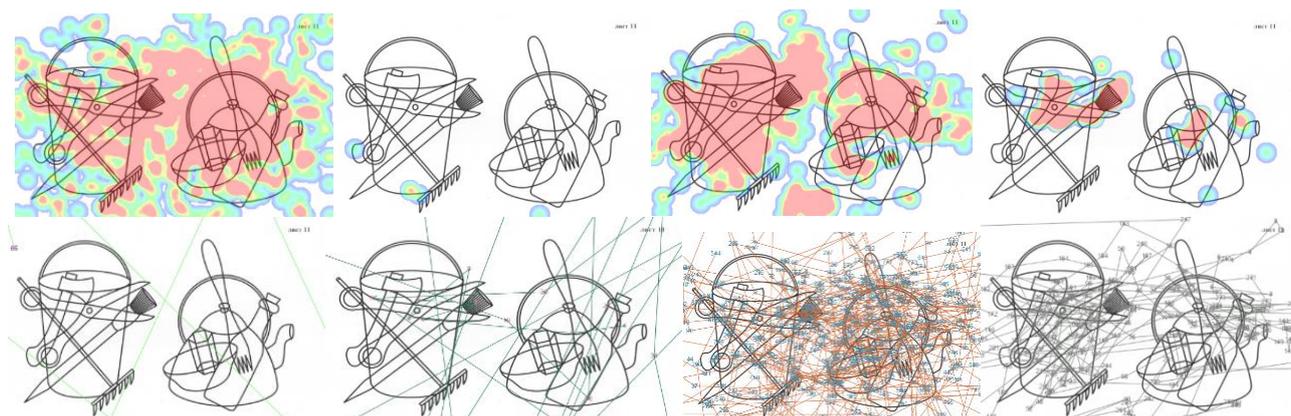


Рис. 6. Примеры типичных индивидуальных графиков движения глаз и тепловых карт детей с нарушением слуха в пробе на узнавание наложенных изображений

В пробе на узнавание незавершенных изображений подтверждается тенденция, что у детей с нарушением слуха больше время до первой фиксации на области интереса, меньше общее время просмотра и меньше амплитуда саккад, в отличие от типично развивающихся детей (табл. 5). В данной пробе подтверждается когнитивная сложность в восприятии изображений для детей с нарушением слуха.

На тепловых картах и графиках движения глаз также фиксируется, что дети с нарушением слуха (рис. 8) в отличие от типично развивающихся детей (рис. 7) делают много фиксаций (и часто нерелевантных фиксаций) в нецелевых областях, паттерн движения глаз хаотичный и много саккад, меняется стратегия опознавания и много возвратов в уже просмотренные области. Все это говорит о сложности восприятия изображений и большей когнитивной сложности [4; 15].

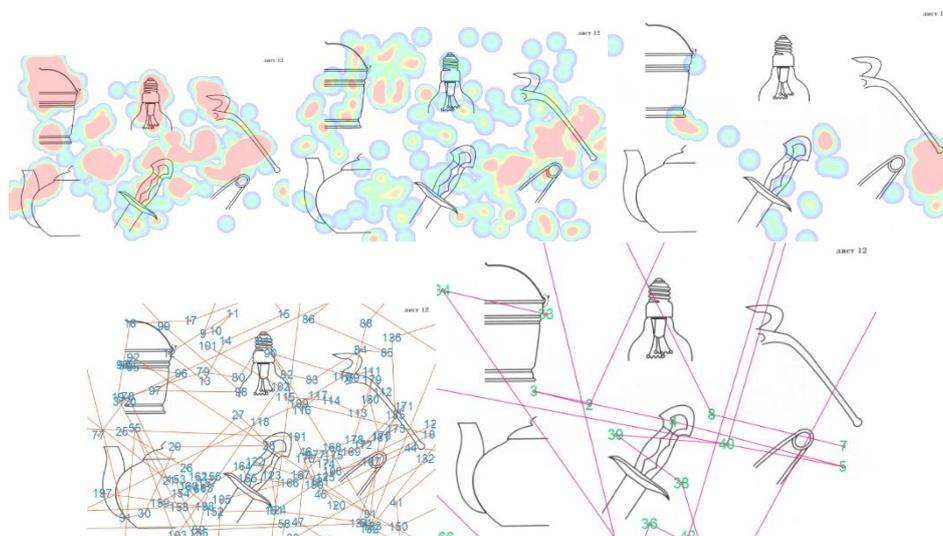


Рис. 8. Примеры типичных индивидуальных графиков движения глаз и тепловых карт детей с нарушением слуха в пробе на узнавание незавершенных изображений

Данные и количественного, и качественного анализа выполнения классических нейропсихологических проб на зрительный гнозис и проб с применением айтрекинга подтверждают слабость процессов переработки зрительной информации у детей с нарушением слуха в сравнении с типично развивающимися детьми.

Подтверждается специфика стратегии зрительного гнозиса и изменения времени и последовательности обработки зрительной информации у детей с нарушением слуха.

Обсуждение результатов

Уникальность выборки детей с нарушением слуха после кохлеарной имплантации заключается в том, что вследствие долгой сенсорной депривации слухового анализатора они имеют бедный перцептивный опыт в сочетании с несформированной вербальной функцией, который приводит к первичным и вторичным трудностям зрительного опознавания даже после продолжительного периода коррекции.

В нашем исследовании подтверждается слабость процессов переработки зрительной информации при выполнении нейропсихологических проб у детей с нарушением слуха.

Качественный анализ данных выполнения нейропсихологических проб показывает, что у детей с нарушением слуха в первую очередь в дальнейшем будут наблюдаться перцептивные ошибки, связанные с соотношением вербального обозначения предмета и его изображением из-за дефицита связи «зрительный образ — слово», трудности становления зрительного образа предмета, дополняемые бедностью словаря. Сочетание слабости переработки слуховой и зрительной информации ведет к диффузности, некорректности соотношения образов предмета и его вербального обозначения. Вследствие этого имеет место диссоциация в развитии зрительных и вербальных функций — у ребенка в этом случае наблюдаются бедность и

недифференцированность обозначения зрительных образов и достаточно бедный словарь с неточной предметной семантикой.

Характерной чертой восприятия предметных изображений у детей с нарушением слуха является фрагментарность. В ходе выполнения проб фиксировалось, что большинство детей с нарушением слуха дополняют фрагмент по догадке. Чаще всего наблюдалось, что дети с нарушением слуха упускают существенную, критическую для опознания деталь — у них страдает обобщенное категориальное восприятие.

Другие характерные особенности зрительного гнозиса детей с нарушением слуха — слабость активационных процессов, колебания внимания и слабость контроля.

Анализ стратегий паттерна движения глаз, зафиксированный айтрекером при выполнении нейропсихологических проб, в сочетании с качественным анализом их выполнения позволяет выделить ряд особенностей зрительной переработки информации:

- У типично развивающихся детей наблюдается более упорядоченный поиск при опознавании изображений (слева — направо, сверху — вниз), у детей с нарушением слуха — хаотичный, непоследовательный поиск, они часто изменяют стратегию, особенно при затруднениях.
- Существуют различия в приоритете стратегии нисходящего и восходящего внимания (у детей с нарушением слуха захватывает внимание сам стимул и его характеристики, у типично развивающихся детей — целенаправленный поиск).
- Отличия проявляются в паттерне движений глаз. Перцептивные действия у детей с нарушением слуха обладают меньшей свернутостью, у них наблюдается больше фиксаций, дети с нарушением слуха делают много нерелевантных фиксаций в нецелевых областях, паттерн движения глаз меньше соответствует поиску изображения. У детей с нарушением слуха и типично развивающихся детей отличаются стратегии визуального поиска: у детей с нарушением слуха уменьшается количество переключений, увеличивается количество переходов взора между областями интереса.
- У детей с нарушением слуха и типично развивающихся детей по-разному идет процесс отбора информационных признаков: отличается последовательность и количество фиксаций.
- У детей с нарушением слуха выше ментальная нагрузка (когнитивная сложность) при выполнении нейропсихологических проб, это проявляется прежде всего в частом пересмотре, уменьшении амплитуды саккад и времени просмотра по сравнению с типично развивающимися детьми.
- У детей с нарушением слуха наблюдается снижение меры заметности («узнаваемости», распознавания) изображений или снижение меры интереса (длительность времени просмотра). Дети с нарушением слуха осматривают обширную область, прежде чем замечают необходимое изображение.
- Дети с нарушением слуха чаще делают пересмотр, у них выше число повторных посещений просмотренных областей. Такой повторный пересмотр никак не связан с эффективностью, а, скорее, отображает хаотичный поиск.

- Отличается динамика оперативного поля: у детей с нарушением слуха и типично развивающихся детей разные стратегии обработки информации.
- У детей с нарушением слуха отличается длительность пути сканирования (увеличивается), пространственная плотность фиксаций (увеличивается), регулярность сканирования (повторяемость просмотров выше), направление сканирования (другие стратегии поиска). Отличаются стратегии прослеживания и маршруты сканирования изображений: сколько происходит фиксаций и в какой последовательности. У типично развивающихся детей фиксации более целевые, их меньше, они не распределены, а сконцентрированы.

Наши данные отслеживания движения глаз во время нейропсихологических проб дополняют представления о том, что вследствие слуховой депривации у детей с кохлеарными имплантами меняется последовательность обработки зрительной информации (как в данных M. Marschark et al., 2019 [27]) и пространственное распределение зрительного внимания (как в данных D. Bavelier et al., 2006 [18]). Они подтверждают, что дети с нарушением слуха имеют атипичную последовательность обработки зрительной информации по сравнению с нормально слышащими детьми того же возраста (как в данных C. Conway et al., 2011 [22]). По крайней мере, мы можем говорить о специфичной стратегии зрительно-пространственной когнитивной обработки информации у детей с нарушением слуха (как в данных C. Conway et al., 2011 [22]; M. Marschark et al., 2019 [27]).

Ограничение наших данных связано с тем, что, в связи с бедностью словаря и трудностями понимания обращенной речи у детей с нарушением слуха, невозможно объективно уточнить гностические и вербальные компоненты механизмов ошибок при выполнении проб. Дополнительным ограничением является то, что стимулы нейропсихологических проб предъявлялись детям дважды (в классическом варианте тестирования и айтрекинг-исследовании). Мы попытались снизить эффект интерференции первого тестирования, сделав временной интервал в 2 месяца между двумя этапами и поменяв очередность предъявления листов проб. Степень интереса поддерживало то, что формат айтрекинг-исследования и предъявления стимульного материала на экране компьютера отличался от классического тестирования. Перспектива исследования — получение более комплексных данных нейропсихологического тестирования из других проб и более полной оценки состояния зрительного гнозиса. В дальнейшем планируется установить различия состояния зрительного гнозиса детей с нарушением слуха разных возрастных групп для понимания критического возраста с целью реорганизации обработки зрительной информации и возможностей компенсации на более поздних возрастных уровнях. На следующих этапах также требуется уточнить влияние возраста установки кохлеарного импланта и времени его ношения на состояние зрительного гнозиса при нарушении слуха.

Заключение

Проведенное исследование развития зрительных и зрительно-пространственных функций с использованием айтрекера выявило наличие индивидуально-групповых различий в предпочтении перцептивных стратегий у детей с нарушением слуха и

типично развивающихся детей при выполнении нейропсихологических проб.

Слабость процессов переработки слуховой и зрительной информации приводит к тому, что фиксируется диффузность, неточность и неконкретность образов, бедность и неконкретность словаря.

Выявлено, что у детей с нарушением слуха и типично развивающихся детей наблюдаются разная активность поиска, избираемые стратегии «считывания». Данные отображают разный характер паттерна движения глаз при выполнении проб на зрительный гнозис у детей контрастных групп и их связь с перцептивными трудностями. Как следствие, у контрастных групп по-разному организовано зрительное внимание и отмечены разные способы выделения существенных признаков, наблюдается трудность выдвижения перцептивной гипотезы.

Можно предположить, что отличия паттернов движения глаз в разных пробах связаны с такими факторами, как:

- когнитивная сложность;
- развернутость или свернутость ориентировочного процесса;
- интерес;
- необходимость детализации просмотра;
- заметность информации;
- скорость обработки информации;
- несвернутый характер ориентировочных действий.

Наши данные еще раз подчеркивают, насколько важной прикладной задачей является понимание возможностей абилитации, коррекции и обучения детей с нарушением слуха. На сегодняшний день около 3 детей из 1000 рождаются с глубокой степенью сенсоневральной тугоухости, а комплексное сочетание задержки психического развития и снижения слуха имеет широкое распространение и входит в пятерку лидирующих причин нарушения развития [1]. При этом данные о возможности компенсации неравномерности психического развития детей с нарушением слуха носят фрагментарный характер.

В настоящее время очень мало известно об общем когнитивном развитии детей с нарушением слуха после кохлеарной имплантации, а также о том, могут ли отдельные когнитивные способности помочь объяснить огромные различия в овладении речью. К сожалению, эффективность обучения детей с нарушением слуха даже после нескольких лет коррекции остается низкой.

Наши новые данные призваны расширить представления о состоянии зрительного гнозиса у детей с нарушением слуха и помогут разработать эффективный дифференцированный подход к их обучению и воспитанию с учетом не только сложности слуховой патологии, но и отклонений в состоянии высших психических функций. Они могут быть использованы для разработки более эффективных стратегий подачи учебного материала, разработки наглядного материала и визуального оформления учебного материала с учетом специфики зрительного гнозиса данной группы детей.

Литература

1. *Аносова Л.В., Крылова О.В., Шашукова Е.А., Левин С.В.* Динамика психического развития детей с сенсоневральной тугоухостью 4-й степени после кохлеарной имплантации на фоне нейропротекторной терапии // *Российская оториноларингология*. 2015. № 2 (75). С. 13–17.
2. *Ахутина Т.В., Пылаева Н.М.* Диагностика зрительно-вербальных функций у детей 5–7 лет // *Школьный психолог*. 2001. № 15 (87). С. 36–43.
3. *Ахутина Т.В., Пылаева Н.М.* Диагностика развития зрительно-вербальных функций: Учеб. пособие для студ. высш. учеб. заведений. М.: Изд. центр «Академия», 2003. 64 с.
4. *Барabanчиков В.А., Жегалло А.В.* Айтрекинг: Методы регистрации движений глаз в психологических исследованиях и практике. М.: Когито-Центр, 2014. 128 с.
5. Вопросы воспитания слепых, глухонемых и умственно отсталых детей: сборник статей и материалов / Под ред. Л.С. Выготского. М.: Отдел социально-правовой охраны несовершеннолетних Главсоцвоса Наркомпроса РСФСР, 1924. 158 с.
6. *Ишанходжаева Г.Т.* Нейропсихологическое исследование когнитивной деятельности у детей с нейросенсорной тугоухостью // *Журнал неврологии и нейрохирургических исследований*. 2023. Том 4. № 3. С. 27–30.
7. *Карауш И.С., Дашиева Б.А., Куприянова И.Е., Стоянова И.Я.* Особенности психологической диагностики детей с сенсорными нарушениями // *Сибирский психологический журнал*. 2014. № 51. С. 132–140.
8. *Каффеманас Р.Б.* Исследование осязательного восприятия аномальных детей // *Дефектология*. 1988. № 2. С. 21–28.
9. *Корниенко А.А.* Обзор зарубежных исследований о влиянии кохлеарной имплантации на качество жизни лиц с нарушениями слуха // *Современная зарубежная психология*. 2021. Том 10. № 2. С. 79–85. DOI: 10.17759/jmfr.2021100208
10. *Кривоногова К.Д., Разумникова О.М.* Особенности когнитивного статуса студентов с нарушением слуха: значение для инклюзивного образования [Электронный ресурс] // *Клиническая и специальная психология*. 2019. Том 8. № 2. С. 38–52. DOI: 10.17759/cpse.2019080203
11. *Матвеев В.М.* Психические нарушения при дефектах зрения и слуха. М.: Медицина, 1987. 184 с.
12. *Пивненко В.В., Скоробогатова Н.В.* Состояние сенсорно-перцептивных механизмов грамматикализации у детей с тяжелыми нарушениями речи // *Специальное образование*. 2019. № 1 (53). С. 54–63. DOI: 10.26170/sp19-01-05
13. *Розанова Т.В.* Развитие памяти и мышления глухих детей. М.: Педагогика, 1978. 232 с.
14. *Сенченко Г.В., Лазарян В.В., Сенченко А.Ю.* Нейропсихологическая коррекция первоклассников с диагнозом нейросенсорная потеря слуха, обучающихся по системе инклюзивного образования // *Russian Journal of Education and Psychology*. 12 (2). 2021. С. 95–116. DOI: 10.12731/2658-4034-2021-12-2-95-116
15. *Скуратова К.А., Шелепин Е.Ю., Шелепин К.Ю.* Программные возможности применения метода айтрекинга в исследованиях зрительного восприятия // *Российский психологический журнал*. 2022. № 19 (4). С. 173–185. DOI: 10.21702/rpj.2022.4.12

16. *Хватцев М.Е., Шабалин С.Н.* Особенности психологии глухого школьника. М.: Учпедгиз, 1961. 215 с.
17. *Шуницына Л.М.* Нейропсихологические аспекты диагностики детей в процессе коррекционно-развивающего обучения // Психология детей с задержкой психического развития: хрестоматия / сост. О.В. Защирина. Санкт-Петербург: Речь, 2004. С. 152–155.
18. *Bavelier D., Dye M. W., Hauser P. C.* Do deaf individuals see better? // Trends in Cognitive Science. 2006. Vol. 10 (11). P. 512–518. DOI: 10.1016/j.tics.2006.09.006
19. *Becker S., Küchemann S., Klein P. et al.* Gaze patterns enhance response prediction: More than correct or incorrect // Physical Review Physics Education Research. 2022. Vol. 18. Art. 020107. DOI: 10.1103/PhysRevPhysEducRes.18.020107
20. *Chettaoui N., Atia A., Bouhleb M.S.* Student performance prediction with eye-gaze data in embodied educational context // Education and Information Technologies. 2023. Vol. 28. P. 833–855. DOI: 10.1007/s10639-022-11163-9
21. *Conway C.M., Pisoni D.B., Kronenberger W.* The importance of sound for cognitive sequencing abilities: The auditory scaffolding hypothesis // Current directions in psychological science. 2009. Vol. 18 (5). P. 275–279. DOI: 10.1111/j.1467-8721.2009.01651.x
22. *Conway C.M., Karpicke J., Anaya E.M. et al.* Nonverbal cognition in deaf children following cochlear implantation: Motor sequencing disturbances mediate language delays // Developmental Neuropsychology. 2011. Vol. 36 (2). P. 237–254. DOI: 10.1080/87565641.2010.549869
23. *Dye M., Hauser P., Bavelier D.* Visual attention in deaf children and adults: Implications for learning environments // Deaf cognition: Foundations and outcomes / Eds. M. Marschark, P.C. Hauser. New York: Oxford University Press, 2008. P. 250–263. DOI: 10.1093/acprof:oso/9780195368673.003.0009
24. *Greppe M.A., Deocampo J.A., Walk A.M., Conway C.M.* Visual sequential processing and language ability in children who are deaf or hard of hearing // Journal of Child Language. 2019. Vol. 46 (4). P. 785–799. DOI: 10.1017/S0305000918000569
25. *Harris M., Terlektsi E.* Reading and spelling abilities of deaf adolescents with cochlear implants and hearing aids // Journal of Deaf Studies and Deaf Education. 2011. Vol. 16 (1). P. 24–34. DOI: 10.1093/deafed/enq031
26. *Li Q., Xu S., Chen Y. et al.* Detecting preservice teachers' visual attention under prediction and nonprediction conditions with eye-tracking technology // Physical Review Physics Education Research. 2022. Vol. 18 (1). Art. 010134. DOI: 10.1103/PhysRevPhysEducRes.18.010134
27. *Marschark M., Edwards L., Peterson C. et al.* Understanding theory of mind in deaf and hearing college students // Journal of Deaf Studies and Deaf Education. 2019. Vol. 24 (2). P. 104–118. DOI: 10.1093/deafed/eny039
28. *Merabet L.B., Pascual-Leone A.* Neural reorganization following sensory loss: The opportunity of change // Nature Reviews Neuroscience. 2010. Vol. 11 (1). P. 44–52. DOI: 10.1038/nrn2758
29. *Monroy C., Chen C.H., Houston D., Yu C.* Action prediction during real-time parent-infant interactions // Developmental Science. 2021. Vol. 24 (3). Art. e13042. DOI: 10.1111/desc.13042

30. Sarant J.Z., Harris D.C., Benneta L.A. Academic outcomes for school-aged children with severe–profound hearing loss and early unilateral and bilateral cochlear implants // *Journal of Speech, Language, and Hearing Research*. 2015. Vol. 58 (3). P. 1017–1032. DOI: 10.1044/2015_JSLHR-H-14-0075
31. Sharma K., Giannakos M., Dillenbourg P. Eye-tracking and artificial intelligence to enhance motivation and learning // *Smart Learning Environments*. 2020. Vol. 7 (1). P. 1–13. DOI: 10.1186/s40561-020-00122-x
32. Yurkovic-Harding J., Lisandrelli G. et al. Children with ASD establish joint attention during free-flowing toy play without face looks // *Current biology: CB*. 2022. Vol. 32 (12). P. 2739–2746. DOI: 10.1016/j.cub.2022.04.044

References

1. Anosova L.V., Krylova O.V., Shashukova E.A., Levin S.V. Dinamika psikhicheskogo razvitiya detei s sensonevral'noi tugoukhost'yu 4-i stepeni posle kokhlearnoi implantatsii na fone neiroprotektoinoi terapii [Dynamics of mental development of children with sensorineural hearing loss of the 4th degree after cochlear implantation against the background of neuroprotective therapy]. *Rossiiskaya otorinolaringologiya = Russian Otorhinolaryngology*, 2015. No. 2 (75), pp. 13–17. (In Russ.)
2. Akhutina T.V., Pylaeva N.M. Diagnostika zritel'no-verbal'nykh funktsii u detei 5–7 let [Diagnostics of visual-verbal functions in children 5–7 years old]. *Shkol'nyi psikholog = School psychologist*, 2001. No. 15 (87), pp. 36–43. (In Russ.)
3. Akhutina T.V., Pylaeva N.M. Diagnostika razvitiya zritel'no-verbal'nykh funktsii: Ucheb. posobie dlya stud. vyssh. ucheb. zavedenii [Diagnostics of the development of visual-verbal functions: Textbook for students of higher educational institutions]. Moscow: Publ. centre “Akademiya”, 2003. 64 p. (In Russ.)
4. Barabanshchikov V.A., Zhegallo A.V. Aitreking: Metody registratsii dvizhenii glaz v psikhologicheskikh issledovaniyakh i praktike [Eye Tracking: Methods of Recording Eye Movements in Psychological Research and Practice]. Moscow: Cogito-centre, 2014. 128 p. (In Russ.)
5. Voprosy vospitaniya slepykh, glukhonemykh i umstvenno otstalykh detei [Issues of raising blind, deaf-mute and mentally retarded children]. L.S. Vygotsky (Eds.). Moscow: Izdanie otdela sotsial'no-pravovoi okhrany nesovershennoletnikh Glavsotsvosa Narkomprosa RSFSR, 1924. 158 p. (In Russ.)
6. Ishankhodzhaeva G.T. Neiropsikhologicheskoe issledovanie kognitivnoi deyatel'nosti u detei s neirosensornoj tugoukhost'yu [Neuropsychological study of cognitive activity in children with sensorineural hearing loss]. *Zhurnal nevrologii i neirokhirurgicheskikh issledovanii = Journal of Neurology and Neurosurgical Research*, 2023. Vol. 4, no. 3, pp. 27–30. (In Russ.)
7. Karaush I.S., Dashieva B.A., Kupriyanova I.E., Stoyanova I.Ya. Osobennosti psikhologicheskoi diagnostiki detei s sensornymi narusheniyami [Features of psychological diagnostics of children with sensory impairments]. *Sibirskii psikhologicheskii zhurnal = Siberian psychological journal*, 2014. No. 51, pp. 132–140. (In Russ.)
8. Kaffemanas R.B. Issledovanie osyazatel'nogo vospriyatiya anomal'nykh detei [Study of tactile

- perception of abnormal children]. *Defektologiya = Defectology*, 1988. No. 2, pp. 21–28. (In Russ.)
9. Kornienko A.A. Obzor zarubezhnykh issledovaniy o vliyaniy kokhlearnoi implantatsii na kachestvo zhizni lits s narusheniyami slukha [Review of foreign studies on the impact of cochlear implantation on the quality of life of persons with hearing impairment]. *Sovremennaya zarubezhnaya psikhologiya = Journal of Modern Foreign Psychology*, 2021. Vol. 10, no. 2, pp. 79–85 DOI: 10.17759/jmfp.2021100208 (In Russ., abstr. in Engl.)
 10. Krivonogova K.D., Razumnikova O.M. Osobennosti kognitivnogo statusa studentov s narusheniem slukha: znachenie dlya inklyuzivnogo obrazovaniya [Specificity of the Cognitive Status of Students with Hearing Impairment: Implications for Inclusive Education]. *Klinicheskaya i spetsial'naya psikhologiya = Clinical Psychology and Special Education*, 2019. Vol. 8, no. 2, pp. 38–52. DOI: 10.17759/cpse.2019080203 (In Russ., abstr. in Engl.)
 11. Matveev V.M. Psikhicheskie narusheniya pri defektakh zreniya i slukha [Mental disorders in visual and hearing defects]. Moscow: Meditsina, 1987. 184 p. (In Russ.)
 12. Pivnenko V.V., Skorobogatova N.V. Sostoyanie sensorno-pertseptivnykh mekhanizmov grammatikalizatsii u detei s tyazhelymi narusheniyami rechi [The state of sensory-perceptual mechanisms of grammaticalization in children with severe speech disorders]. *Spetsial'noe obrazovanie = Special Education*, 2019. Vol. 53, no. 1, pp. 54–63. DOI: 10.26170/sp19-01-05 (In Russ., abstr. in Engl.)
 13. Rozanova T.V. Razvitie pamyati i myshleniya glukhikh detei [Development of memory and thinking in deaf children]. Moscow: Pedagogika, 1978. 232 p. (In Russ.)
 14. Senchenko G.V., Lazaryan V.V., Senchenko A.Yu. Neiropsikhologicheskaya korrektsiya pervoklassnikov s diagnozom neirosensornaya poterya slukha, obuchayushchikhsya po sisteme inklyuzivnogo obrazovaniya [Neuropsychological correction of first-graders diagnosed with neurosensory hearing loss, studying in the system of inclusive education]. *Russian Journal of Education and Psychology*, 2021. Vol. 12, no. 2, pp. 95–116. DOI: 10.12731/2658-4034-2021-12-2-95-116 (In Russ., abstr. in Engl.)
 15. Skuratova K.A., Shelepin E.Yu., Shelepin K.Yu. Programmnye vozmozhnosti primeneniya metoda aitrekinga v issledovaniyakh zritel'nogo vospriyatiya [Software capabilities for using the eye tracking method in visual perception studies]. *Rossiiskii psikhologicheskii zhurnal = Russian Psychological Journal*, 2022. Vol. 19, no. 4, pp. 173–185. DOI: 10.12731/2658-4034-2021-12-2-95-116 (In Russ., abstr. in Engl.)
 16. Khvattsev M.E Shabalin S.N. Osobennosti psikhologii glukhogo shkol'nika [Features of the psychology of a deaf schoolchild]. Moscow: Uchpedgiz, 1961. 215 p. (In Russ.)
 17. Shipitsyna L.M. Neiropsikhologicheskie aspekty diagnostiki detei v protsesse korrektsionno-razvivayushchego obucheniya [Neuropsychological aspects of diagnosing children in the process of correctional and developmental education]. In: O.V. Zashchirinskaya (Ed.). *Psikhologiya detei s zaderzhkoi psikhicheskogo razvitiya: khrestomatiya = Psychology of children with mental retardation: a textbook*. Saint Petersburg: Rech, 2004. Pp. 152–155. (In Russ.)
 18. Bavelier D., Dye M.W., Hauser P.C. Do deaf individuals see better? *Trends in Cognitive Science*, 2006. Vol. 10 (11), pp. 512–518. DOI: 10.1016/j.tics.2006.09.006
 19. Becker S., Küchemann S., Klein P. et al. Gaze patterns enhance response prediction: More than correct or incorrect. *Physical Review Physics Education Research*, 2022. Vol. 18, art. 020107. DOI: 10.1103/PhysRevPhysEducRes.18.020107

20. Chettaoui N., Atia A., Bouhlel M.S. Student performance prediction with eye-gaze data in embodied educational context. *Education and Information Technologies*, 2023. Vol. 28, pp. 833–855. DOI: 10.1007/s10639-022-11163-9
21. Conway C.M., Pisoni D.B., Kronenberger W. The importance of sound for cognitive sequencing abilities: The auditory scaffolding hypothesis. *Current directions in psychological science*, 2009. Vol. 18 (5), pp. 275–279. DOI: 10.1111/j.1467-8721.2009.01651.x
22. Conway C.M., Karpicke J., Anaya E.M. et al. Nonverbal cognition in deaf children following cochlear implantation: Motor sequencing disturbances mediate language delays. *Developmental Neuropsychology*, 2011. Vol. 36 (2), pp. 237–254. DOI: 10.1080/87565641.2010.549869
23. Dye M., Hauser P., Bavelier D. Visual attention in deaf children and adults: Implications for learning environments. In: M. Marschark, P.C. Hauser (Eds.). *Deaf cognition: Foundations and outcomes*. New York: Oxford University Press, 2008. Pp. 250–263. DOI: 10.1093/acprof:oso/9780195368673.003.0009
24. Greppe M.A., Deocampo J.A., Walk A.M., Conway C.M. Visual sequential processing and language ability in children who are deaf or hard of hearing. *Journal of Child Language*, 2019. Vol. 46 (4), pp. 785–799. DOI: 10.1017/S0305000918000569
25. Harris M., Terlektsi E. Reading and spelling abilities of deaf adolescents with cochlear implants and hearing aids. *Journal of Deaf Studies and Deaf Education*, 2011. Vol. 16 (1), pp. 24–34. DOI: 10.1093/deafed/enq031
26. Li Q., Xu S., Chen Y. et al. Detecting preservice teachers' visual attention under prediction and nonprediction conditions with eye-tracking technology. *Physical Review Physics Education Research*, 2022. Vol. 18 (1), art. 010134. DOI: 10.1103/PhysRevPhysEducRes.18.010134
27. Marschark M., Edwards L., Peterson C. et al. Understanding theory of mind in deaf and hearing college students. *Journal of Deaf Studies and Deaf Education*, 2019. Vol. 24 (2), pp. 104–118. DOI: 10.1093/deafed/eny039
28. Merabet L.B., Pascual-Leone A. Neural reorganization following sensory loss: The opportunity of change. *Nature Reviews Neuroscience*, 2010. Vol. 11 (1), pp. 44–52. DOI: 10.1038/nrn2758
29. Monroy C., Chen C.H., Houston D., Yu C. Action prediction during real-time parent-infant interactions. *Developmental Science*, 2021. Vol. 24 (3), art. e13042. DOI: 10.1111/desc.13042
30. Sarant J.Z., Harris D.C., Benneta L.A. Academic outcomes for school-aged children with severe–profound hearing loss and early unilateral and bilateral cochlear implants. *Journal of Speech, Language, and Hearing Research*, 2015. Vol. 58 (3), pp. 1017–1032. DOI: 10.1044/2015_JSLHR-H-14-0075
31. Sharma K., Giannakos M., Dillenbourg P. Eye-tracking and artificial intelligence to enhance motivation and learning. *Smart Learning Environments*, 2020. Vol. 7 (1), pp. 1–13. DOI: 10.1186/s40561-020-00122-x
32. Yurkovic-Harding J., Lisandrelli G. et al. Children with ASD establish joint attention during free-flowing toy play without face looks. *Current biology: CB*, 2022. Vol. 32 (12), pp. 2739–2746. DOI: 10.1016/j.cub.2022.04.044

Смирнова Я.К., Григорова Ю.Е., Гордеева Л.Н.
Айтрекинг в нейропсихологическом
исследовании особенностей зрительного
гнозиса детей с нарушением слуха.
Клиническая и специальная психология.
2024. Том 13. № 3. С. 53–82.

Smirnova Ya.K., Grigorova Yu.Ye., Gordeeva L.N.
Eye tracking study of the
characteristics of visual gnosis
in children with hearing impairment.
Clinical Psychology and Special Education.
2024, vol. 13, no. 3, pp. 53–82.

Информация об авторах

Смирнова Яна Константиновна, кандидат психологических наук, доцент кафедры общей и прикладной психологии, Институт гуманитарных наук, ФГБОУ ВО «Алтайский государственный университет», г. Барнаул, Российская Федерация, ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-5453-0144>, e-mail: yana.smirnova@mail.ru

Григорова Юлия Евгеньевна, студентка 4-го курса специальности «клиническая психология», кафедра клинической психологии, Институт гуманитарных наук, ФГБОУ ВО «Алтайский государственный университет», г. Барнаул, Российская Федерация, ORCID: <https://orcid.org/0009-0000-2065-7710>, e-mail: grigorovaev93@gmail.com

Гордеева Людмила Николаевна, аспирант, Институт психологии и педагогики, ФГБОУ ВО «Алтайский государственный педагогический университет», г. Барнаул, Российская Федерация, ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-8304-0865>, e-mail: ludmilagord_1973@mail.ru

Information about the authors

Yana K. Smirnova, PhD in Psychology, Associate Professor of the Department of General and Applied Psychology, Institute of Humanities, Altai State University, Barnaul, Russia, ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-5453-0144>, e-mail: yana.smirnova@mail.ru

Julia E. Grigorova, 4th year Student of the Specialty “Clinical psychology”, Department of Clinical Psychology, Institute of Humanities, Altai State University, Barnaul, Russia, ORCID: <https://orcid.org/0009-0000-2065-7710>, e-mail: grigorovaev93@gmail.com

Lyudmila N. Gordeeva, Graduate Student of the Institute of Psychology and Pedagogy, Altai State Pedagogical University, Barnaul, Russia, ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-8304-0865>, e-mail: ludmilagord_1973@mail.ru

Получена 11.12.2023

Received 11.12.2023

Принята в печать 25.09.2024

Accepted 25.09.2024