

Научная статья | Original paper

Айтрекинг исследование специфики обработки зрительной информации у детей с нарушением слуха в ситуации обучения

Я.К. Смирнова

Алтайский государственный университет, Барнаул, Российская Федерация

✉ yana.smirnova@mail.ru

Резюме

Контекст и актуальность. Материалы статьи посвящены проблеме реорганизации обработки зрительной информации впоследствии ранней слуховой депривации, а конкретно — как при нарушении слуха у дошкольников изменения в обработки зрительной информации влияют на восприятие наглядностей учебных материалов в процессе обучения. **Цель.** При помощи айтрекинга через анализ движения глаз у детей с нарушением слуха выявить специфику обработки зрительной информации, которая будет сказываться на особенностях восприятия учебных материалов в процессе обучения. **Гипотеза.** Специфика восприятия учебных материалов у детей с нарушением слуха взаимосвязана с реорганизацией обработки зрительной информации, которую можно зафиксировать путем отслеживания движения глаз. **Методы и материалы.** Проведено сравнительное исследование выборки дошкольников 5–7 лет ($N = 35$): типично развивающихся детей ($N = 20$; $M = 6,1$; $SD = 0,4$) и с нарушением слуха с сенсоневральной тугоухостью после кохлеарной имплантации ($N = 15$; $M = 6$; $SD = 0$). В качестве стимульного материала использованы иллюстрации из букваря для слабослышащих детей Н.Ю. Донской, Н.И. Линиковой. Фиксация данных осуществлялась стационарным айтрекером GP3. Варьировалось слухо-зрительное предъявление наглядности и с зрительными лексическими опорами. **Результаты.** Выявлены особенности переработки зрительной информации у детей с нарушением слуха через анализ сдвигов зрительного внимания (в том числе свидетельствующих об особенностях восприятия наглядностей учебного материала). Через маркеры продолжительности фиксации, количества фиксации показано, что у детей с нарушением слуха большая когнитивная нагрузка, отличия в глубине, интенсивности обработки зрительной информации при восприятии наглядностей учебных материалов. Выявлены отличия в последовательности зрительного внимания, стратегиях визуального поиска, пространственного распределения внимания, временных характеристиках обработки зрительной информации. **Выводы.** При помощи айтрекинга удалось расширить представления о кросс-модальных эффектах сенсорной депривации на процессы обработки зрительной информации у детей с нарушением слуха. Дополнены представления о влиянии форм использования наглядностей учебных материалов, их предъявления в слухо-зрительном формате или с применением зрительных лексических опор в процессе обучения детей с нарушением слуха.

© Смирнова Я.К., 2025



CC BY-NC

Ключевые слова: дошкольный возраст, зрительный гнозис, зрительное внимание, обучение, слуховая депривация, атипичное развитие, нарушение слуха, кохлеарная имплантация, окулография, айтрекер

Финансирование. Исследование выполнено при финансовой поддержке гранта Российского научного фонда (РНФ) № 24-28-20061 «Айтрекинг исследование трудностей обучения, связанных с особенностями визуального внимания у детей с нарушением слуха».

Дополнительные данные. Наборы данных доступны по адресу: <https://doi.org/10.48612/MSUPE/nvu1-erpf-4rk4> Смирнова, Я.К. (2024). Материалы айтрекинг исследования специфики глазодвигательной активности в процессе восприятия визуального учебного материала детьми с нарушением слуха: Набор данных. RusPsyData: Репозиторий психологических исследований и инструментов. Москва.

Для цитирования: Смирнова, Я.К. (2025). Айтрекинг исследование специфики обработки зрительной информации у детей с нарушением слуха в ситуации обучения. *Психологическая наука и образование*, 30(2), 87–99. <https://doi.org/10.17759/pse.2025300207>

Eye tracking study of the specificity of visual information processing in children with hearing impairment in a learning situation

Ya.K. Smirnova

Altai State University, Barnaul, Russian Federation

✉ yana.smirnova@mail.ru

Abstract

Context and relevance. The article considers the problem of the consequences of early auditory deprivation on the reorganization of visual information processing. Auditory deprivation causes a reorganization of visual information processing in children with hearing impairments, which affects the perception of visual teaching materials in the learning process. **Objective.** Using eye tracking, track changes in visual information processing in children with hearing impairments. Using the example of perception of visual teaching materials, the task was to identify how the specificity of visual information processing manifests itself in children with hearing impairments in a learning situation. **Hypothesis.** The specificity of perception of educational materials in children with hearing impairments will be associated with the reorganization of visual information processing, which can be recorded by tracking eye movements. **Methods and materials.** A comparative study was conducted among a sample of preschool children aged 5-7 years ($N = 35$), typically developing children ($N = 20$; $M = 6,1$; $SD = 0,4$) and hearing impaired children with sensorineural hearing loss after cochlear implantation ($N = 15$; $M = 6$; $SD = 0$). Illustrations from the ABC book for hearing-impaired children by N.Yu. Donskaya and N.I. Linikova were used as stimulus material. Data were recorded using a stationary eye tracker GP3. The auditory-visual presentation of visual aids and with visual lexical supports was varied. **Results.** The features of visual information processing in children with hearing impairments were revealed through the analysis of shifts in visual attention (including

those indicating the features of perception of visual aids in educational material). Through markers of fixation duration, number of fixations it is shown that children with hearing impairment have a large cognitive load, differences in depth, intensity of visual information processing in the perception of visual aids of educational materials, differences in the sequence of visual attention, visual search strategies, spatial distribution of attention, temporal characteristics of visual information processing are revealed. **Conclusions.** With the help of eye tracking it was possible to expand the understanding of the cross-modal effects of sensory deprivation on the processes of visual information processing in children with hearing impairment. The understanding of the influence of forms of using visual aids of educational materials, their presentation in an auditory-visual format or with the use of visual lexical supports in the process of teaching children with hearing impairment is supplemented.

Keywords: preschool age, visual gnosis, visual attention, learning, auditory deprivation, atypical development, hearing impairment, cochlear implantation, oculography, eye tracker

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".

Supplemental data. Datasets available from <https://doi.org/10.48612/MSUPE/nvu1-epnf-4rk4> Smirnova, Ya.K. (2024). Materials of eye tracking study of eye-motor activity specificity in the process of visual educational material perception by children with hearing impairment: Data set. RusPsyData: Repository of psychological research and instruments. Moscow.

For citation: Smirnova Ya.K. (2025). Eye tracking study of the specificity of visual information processing in children with hearing impairment in a learning situation. *Psychological Science and Education*, 30(2), 87–99. <https://doi.org/10.17759/pse.2025300207>

Введение

Сенсорная депривация, такая как глухота, может привести к изменениям в обработке информации от остальных сенсорных модальностей (Pisoni et al., 2007; Conway et al., 2011; Sur, 2004). Нейронная пластичность, способность мозга приспосабливаться и реорганизовывать свою нервную структуру и адаптивные изменения, которые происходят после сенсорной депривации (Thakur et al., 2023; Conway et al., 2011), приводят к тому, что утрата одной сенсорной модальности может привести к реорганизации других неповрежденных сенсорных модальностей. Накоплены данные, свидетельствующие, что слуховая депривация в первые годы жизни (Marschark et al., 2019) приводит к глобальным изменениям нейрокогнитивных функций (Lima et al., 2023; Lauriello et al., 2024) в

обработке зрительной информации (Dawson et al., 2002) и имеет основополагающее значение для калибровки зрительных функций (Bavelier et al., 2010).

Важно отметить ограниченность предыдущих исследований в связи с тем, что в них изучалось только зрительное внимание, не затрагивая комплексно состояния зрительного гнозиса и стратегий обработки зрительной информации в целом. Тем не менее существуют комплексные исследования, которые подтверждают, что при нарушении слуха у детей наблюдается слабость переработки слуховой и одновременно зрительной информации в целом. Дети с кохлеарными имплантатами обращают внимание на визуальную информацию, но могут обрабатывать ее иначе, чем их сверстники, и это может привести к более медленной общей

реакции (Bottari et al., 2014). Это отображается в специфике стратегий атипичной последовательности обработки зрительной и зрительно-пространственной информации (Conway et al., 2011), трудности при выполнении визуальных задач на определение зрительной последовательности сигналов, зрительной дискриминации, зрительной памяти и зрительно-моторной последовательности (Bottari et al., 2014).

Однако, основываясь на фактах компенсаторных возможностей, долгие годы предполагается, что глухие люди обладают лучшими зрительно-пространственными способностями по сравнению со слышащими сверстниками, и поэтому в образовательных учреждениях часто используют зрительные опоры и наглядности в их обучении (Marschark et al., 2019; Pisoni et al., 2007; Корниенко, 2021).

В то же время исследования механизмов трудностей обучения показывают, что в большинстве случаев они связаны именно со зрительными функциями. Так, в дошкольном возрасте трудности зрительного анализа информации и опознавания встречаются у 20% детей и сказываются на успешности их обучения (Ахутина et al., 2001; Корсаков et al., 2022). При этом обнаружено, что во время выполнения учебного задания дети с нарушением слуха демонстрируют особенности визуального внимания (Monroy et al., 2021), наблюдается успеваемость хуже в задачах, требующих мониторинга и последовательного упорядочивания визуальных стимулов (Dawson et al., 2002; Kyle et al., 2011; Thakur et al., 2023), и если не учитывать эту специфику обработки зрительной информации при потере слуха, наблюдается ухудшение академической успеваемости (Kyle et al., 2011) и в практике сказывается на выборе неэффективных методов обучения. Это подтверждает разница эффективности обучения — между группами с нормальным слухом и группами с потерей слуха она составляет 4% (трудности обучения в школе особенно проявляются в навыках чтения, понимании прочитанного и более низким словарным запасе) (Thakur et al., 2023; Yurkovic-Harding et al., 2022).

При этом глухие дети могут иметь нормальные механизмы зрительного внимания, но испытывать трудности с кодированием и обработкой стимулов в фонологические представления (Almomani et al., 2021; Chen et al., 2010; Daza et al., 2013; Pisoni et al., 2007). Эффективность глухих детей при выполнении зрительных задач во многом зависит от того, могут ли стимулы быть вербально закодированы или названы (Daza et al., 2013; Pisoni et al., 2007), и предпочитаемых ими языковых навыков независимо от модальности (Marschark et al., 2019). Поэтому необходимо не только изучать роль наглядностей, но и форму их предъявления.

Исходя из предыдущих исследований, мы сосредоточились на двух проблемах. Во-первых, необходимость проследить при помощи айтрекинга кросс-модальные эффекты сенсорной депривации одновременно на пространственные и временные процессы в зрительном внимании и специфике обработки зрительной информации у детей с нарушением слуха. При этом в отличие от предыдущих исследований мы планируем расширить данные не только о реорганизации зрительного внимания при нарушении слуха, но и зрительного гнозиса и стратегий обработки зрительной информации в целом. Во-вторых, мы сосредоточились на исследовательском вопросе о влиянии форм использования визуальных наглядностей учебных материалов, их предъявления в слухо-зрительном формате или с применением зрительных лексических опор, их сочетаний в процессе обучения детей с нарушением слуха.

Таким образом, основная цель исследования — при помощи айтрекинга отследить у детей с нарушением слуха специфику обработки зрительной информации как следствие ранней слуховой депривации. Для этого использовать визуальный учебный материал и выявить, как проявляется специфика обработки зрительной информации у детей с нарушением слуха в ситуации обучения, а именно — как влияет форма предъявления наглядностей учебных материалов, наличие визуальных, слухо-зрительных и лексиче-

ских опор (и их сочетаний) на поддержание зрительного внимания и стратегии обработки зрительной информации.

Материалы и методы

Эмпирическая выборка исследования. Исследование проводилось на детях дошкольного возраста 5,5–7 лет. 15 дошкольников с нарушением слуха (сенсоневральной тугоухостью, класс Н90 по МКБ; средний порог слухового восприятия на частотах 0,5, 1, 2 и 4 кГц — более 90 дБ), из них 8 мальчиков и 7 девочек; средний возраст — 6 лет. Кохлеарный имплантат установлен в возрасте 3 лет. Выборка уравнена по времени возникновения слухового дефекта и проведения кохлеарной имплантации. Коррекция после кохлеарной имплантации проходила и проходит в специализированном детском саде, в котором проводилось исследование. Все дошкольники имеют достаточный уровень развития мышления, обладают навыками распознавания обращенной речи для проведения исследования. Дошкольники имеют достаточный опыт применения звукоусиливающей аппаратуры. Выборка контраста — 20 типично развивающихся дошкольников, из них 8 девочек, 12 мальчиков, средний возраст — $6,1 \pm 0,4$.

Процедура исследования. Так как после кохлеарной имплантации основная задача обучения — это речевое развитие и накопление словарного запаса, нами был выбран учебный материал, связанный со зрительной основой и наглядностью, активизирующий речевой словарь. Мы использовали в качестве стимульного материала иллюстрации из букваря для слабослышащих детей Н.Ю. Донской, Н.И. Линиковой. После кохлеарной имплантации необходимо сформировать связи между слуховым и зрительным представлениями образов предметов и их речевым обозначением. Этот иллюстративный материал служит зрительной опорой для активации словаря и развития фонематического слуха. Для этого используют:

- Наглядные предметные и сюжетные иллюстрации для изучения названий предметов и расширения словарного запаса.

- Зрительный образ слова — на некоторых изображениях лексический материал (предметный словарь) дан в рамках рядом с изображением предметов, используется зрительный образ слова (как на рисунке 1). Слабослышащие дошкольники по программе в добукварный период обучения используют зрительные опоры в виде табличек со словами для обучения речи и умеют читать по ним. Отметим, что выборка детей умеет читать, и в процессе их обучения в детском саду на занятиях постоянно используются карточки с лексическим словарем.

Мы использовали изображения с подписями и без для сравнения, как при помощи зрительной лексической опоры организуется зрительное внимание детей с нарушением слуха.

В используемых нами изображениях были сюжетные картинки и отдельные предметные картинки (как на рисунке 1). Мы хотели сопоставить опознавание предметных изображений и сюжетных картинок, так как они отличаются по степени абстрактности зрительного образа. В связи с этим сюжетные картинки для опознавания являются более сложными.

Мы варьировали способ подачи инструкции взрослым экспериментатором:

- Только словесная инструкция (запускает слухо-зрительное восприятие). Взрослый дает словесную инструкцию, говоря, какой предмет должен опознать и обозначить (показать) ребенок (например, «Покажи, где на картинке кукла»).

- Инструкция с опорой на визуальное лексическое обозначение (запускает зрительное восприятие). Взрослый дает инструкцию, только показывая на лексическое обозначение предмета (указывая на слово в рамке), который ребенок должен опознать и обозначить (например, взрослый говорит: «Покажи, где...» и дальше указывает на лексическое обозначение в рамке «Мяч»).

Контрольная группа типично развивающихся детей проходила исследование в полностью идентичных условиях.

Аппаратура. Фиксация данных осуществлялась стационарным айтрекером GP3, точность регистрации: 0,5–1; частота дискрети-

зации: 60 Гц; калибровка: 5- или 9-точечная; область свободного перемещения головы: 25 см (по горизонтали), 11 см (по вертикали). Настройка отслеживания — настольное крепление. Калибровка была принята, если средняя погрешность составляла $<0,30^\circ$ угла обзора. Данные обрабатывались с помощью программного обеспечения «Нейробюро» (Neurobureau eye tracking analysis software, Neuroiconica assistive).

Изображения предъявлялись на экране ноутбука 39,6 см (15,6), Full HD (1920 x 1080), 16:9 ComfyView. Расстояние просмотра от глаз до монитора — 60 см. Размер изображений 600*480. Изображения менялись контролируемо по нажатию клавишей экспериментатором после ответа ребенка.

Для сравнения глазодвигательной активности детей с нарушением слуха в 2 се-

риях эксперимента был применен критерий Уилкоксона, для сравнения глазодвигательной активности детей с нарушением слуха и типично развивающихся детей был применен t-критерий Стьюдента. Обработка количественных данных проводилась с помощью статистического пакета SPSS V.23.0.

Результаты

На первом этапе мы сравнили особенности глазодвигательной активности детей с нарушением слуха и типично развивающихся детей при опознавании предметов на наглядности учебных иллюстраций (отдельно иллюстраций без лексического словаря и в сочетании с визуальным лексическим словарем). Для этого был применен t-критерий Стьюдента (табл. 1).

Таблица 1 / Table 1

Описательные статистики глазодвигательной активности детей
с нарушением слуха и типично развивающихся
Descriptive statistics of oculomotor activity in children with hearing impairment
and typically developing children

		M (SD)	t-критерий / t-test		
			t	степень свободы / degree of freedom	Значимость / Significance
количество фиксации до первой фиксации / number of fixations before the first fixation	типично развивающиеся дети / typically developing children	0	-4,58	23	0,003
	дети с нарушением слуха / children with hearing impairments	0,75 (0,16)			
время до первой фиксации / time to first fixation	типично развивающиеся дети / typically developing children	0	-4,52	23	0,003
	дети с нарушением слуха / children with hearing impairments	0,24 (0,05)			
общее время просмотра / total viewing time	типично развивающиеся дети / typically developing children	10,47 (0,73)	-5,37	23	0,0001
	дети с нарушением слуха / children with hearing impairments	26,62 (2,91)			
число возвратов в область интереса / number of returns to the area of interest	типично развивающиеся дети / typically developing children	2,81 (0,4)	-4,83	23	0,0001
	дети с нарушением слуха / children with hearing impairments	14,85 (2,46)			

		<i>M (SD)</i>	t-критерий / t-test		
			<i>t</i>	степень свободы / degree of freedom	Значимость / Significance
средняя продолжительность фиксации / average duration of fixations	типично развивающиеся дети / typically developing children	0,41 (0,03)	–2,18	23	0,051
	дети с нарушением слуха / children with hearing impairments	0,71 (0,13)			
общее количество фиксаций / total number of fixations	типично развивающиеся дети / typically developing children	28,36 (3,95)	–2,37	23	0,030
	дети с нарушением слуха / children with hearing impairments	54 (10,04)			

Дети с нарушением слуха при рассмотрении наглядностей делают большее количество фиксаций до первой фиксации на необходимой области иллюстрации, у них дольше само время до первой фиксации на иллюстрации, увеличивается и средняя продолжительность фиксаций на иллюстрации. То есть, в отличие от типично развивающихся детей, наблюдается увеличение временных характеристик обработки зрительной информации. Также дети с нарушением слуха делают больше фиксаций, они дольше смотрят на иллюстрацию, прежде чем увидят нужный предмет, что говорит о том, что для них предмет менее заметен или им его сложнее обнаружить. То, что дети с нарушением слуха дольше смотрят на иллюстрацию во время исследования и у них выше усредненное время фиксации на области интереса, говорит о большей когнитивной нагрузке для восприятия. О большей сложности восприятия иллюстраций для детей с нарушением слуха говорит и большее число возвратов к областям интереса на иллюстрации, а также большее количество всех фиксаций, которые дети с нарушением слуха совершают за все время просмотра области интереса.

Далее мы сравнили, как меняется глазо двигательная активность детей с нарушением слуха при опознавании предметных и сюжетных изображений при слухо-зритель-

ном предъявлении наглядности (вербальная инструкция и наглядность) и при предъявлении с опорой на зрительное лексическое обозначение (инструкция с указанием на табличку со словом, обозначающим название предмета). Для этого был применен критерий Уилкоксона (табл. 2).

При предъявлении наглядности с табличками с визуальным лексическим обозначением предметов дети с нарушением слуха делают меньшее число возвратов к области интереса, меньшее количество фиксаций и саккад на области интереса иллюстрации, что говорит о том, что материал легче для восприятия и идет меньшая когнитивная нагрузка, чем при обозначении предмета, который необходимо опознать ребенку только на слух. Также в серии эксперимента с зрительными лексическими опорами короче общая длина пути сканирования области интереса, что говорит о меньшей необходимости детального рассматривания иллюстраций для опознавания предметов и подтверждает снижение когнитивной нагрузки. Также у детей с нарушением слуха меняется доля, которую область интереса занимает на стимуле (соотношение площади области интереса к площади стимула) — при предъявлении наглядности со зрительной опорой на лексическое обозначение зона интереса на стимуле сужается (сужается оперативное поле сканирования и зона поиска), что говорит о более четком выделении

Таблица 2 / Table 2

Описательные статистики глазодвигательной активности детей с нарушением слуха при разной форме предъявления наглядности
Descriptive statistics of oculomotor activity of children with hearing impairments with different forms of presentation of visual aids

M (SD)					
Предметные иллюстрации / Subject illustrations	число возвратов в область интереса / number of returns to the area of interest	общее количество фиксаций / total number of fixations	общее количество саккад / total number of saccades	общая длина пути сканирования / total scan path length	соотношение площади области интереса к площади стимула / total ssan path length
M (SD)					
Наглядность без лексического обозначения / Visual clarity without lexical designation	14,85 (2,46)	54 (10,04)	38,14 (8,43)	150,30 (26,06)	0,82 (0,000001)
Наглядность с лексическим обозначением / Visual aids with lexical designation	8,28 (1,72)	29,71 (9,19)	20,42 (7,61)	71,43 (21,38)	0,75 (0,000001)
Статистика критерия / Criterion statistics					
Z	-2,17	-2,35	-2,11	-2,35	-3,74
Значимость / Significance	0,03	0,01	0,03	0,018	0,000
M (SD)					
Сюжетные иллюстрации / Plot illustrations	число возвратов в область интереса / number of returns to the area of interest	общее количество фиксаций / total number of fixations	общее количество саккад / total number of saccades	общая длина пути сканирования / total scan path length	соотношение площади области интереса к площади стимула / total ssan path length
Серия эксперимента без лексического обозначения / A series of experiments without lexical designation	8,8 (0,57)	41,8 (11,77)	32 (9,235)	167,84 (50,64)	0,88 (0,0001)
Серия эксперимента с лексическим обозначением / A series of experiments with lexical designation	3 (1,05)	24,4 (8,04)	20,4 (7,013)	91,84 (27,625)	0,86 (0,0001)
Статистика критерия / Criterion statistics					
Z	-2,53	-2,81	-2,53	-2,11	-3,162
Значимость / Significance	0,011	0,005	0,011	0,035	0,002

области опознавания предметов. Эти закономерности повторяются и при восприятии иллюстраций с предметными изображениями и сюжетными картинками.

Далее мы произвели анализ графиков движения глаз и тепловых карт детей с нару-

шением слуха (см. рисунок). Визуализация паттернов движения глаз подтверждает, что при использовании зрительных опор в виде лексического обозначения действительно реорганизуется зрительное внимание и отбор зрительной информации.

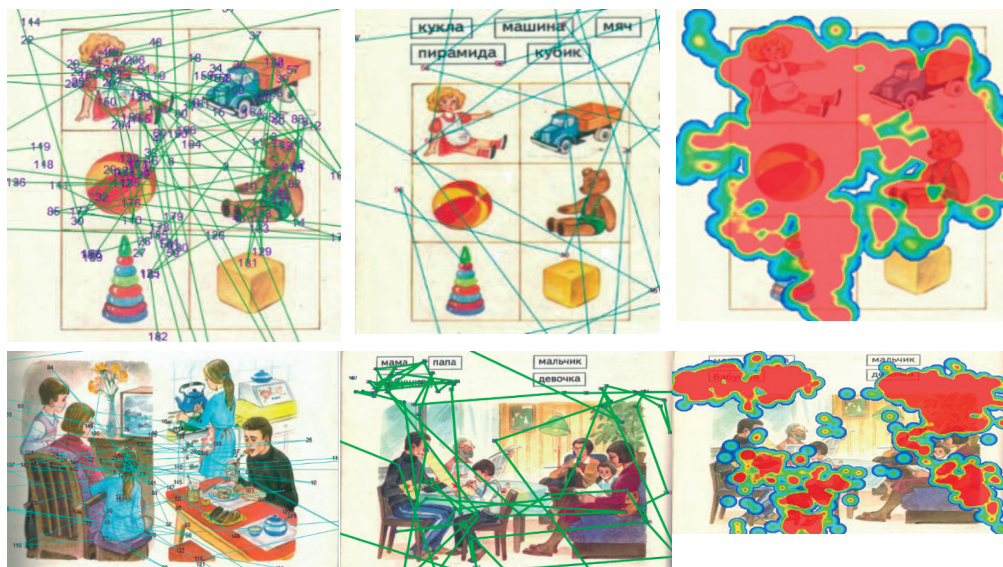


Рис. Графики движения взгляда и тепловые карты детей с нарушением слуха
Fig. Eye movement graphs and heat maps of children with hearing impairments

При сочетании наглядности с лексической опорой дети с нарушением слуха делают меньше фиксаций и переходов, длина пути сканирования сокращается, фиксации происходят в более целевых областях, фиксации более последовательны и не требуется возврата к просмотренной области, области интереса и зоны просмотра более четки (сужается оперативное поле поиска и стратегия рассматривания менее хаотична), пространственная плотность распределения фиксаций зрительного внимания уже, последовательность посещенных областей более сконцентрирована. Если при слухо-зрительном предъявлении информации задействовано внимание и зрительная информация широко обрабатывается на периферии (зона интереса размыта), то при предъявлении наглядности с зрительной опорой на лексическое обозначение фиксации происходят в центральных областях зоны интереса.

На графиках движения глаз и тепловых картах зафиксировано, что у детей с нарушением слуха реорганизуется простран-

ственное распределение внимания: отличаются направление и последовательность посещенных областей; повторяемость; количество переключений; отличается динамика оперативного поля (какие выделяют зоны интереса и где происходит поиск для опознавания предметов на изображении), зоны интереса больше захватывают периферические и нецелевые зоны. Если сравнивать графики движения глаз типично развивающихся детей, у них наблюдаются более последовательные фиксации, эти фиксации происходят в целевых зонах, зоны интереса более четко выделены и не располагаются на периферии, им требуется меньше детализации (по количеству фиксаций и переходам) для опознавания предмета.

Обсуждение результатов

Основной задачей исследования было определение специфики обработки зрительной информации и реорганизации зрительного внимания у детей с нарушением слуха при восприятии наглядностей учебного мате-

риала. Анализ стратегий паттерна движения глаз позволил нам выявить ряд особенностей зрительной переработки информации у детей с нарушением слуха.

Во-первых, наши данные отслеживания движения глаз дополняют представления о том, что вследствие слуховой депривации у кохлеарноимплантированных детей меняется последовательность обработки зрительной информации (как у Marschark et al., 2019), меняется пространственное распределение зрительного внимания (как у Bavelier et al., 2010), оно распределено в более широком диапазоне (например, Chen et al., 2009; Tharpe et al., 2005), наблюдается иная последовательность обработки информации (как у Conway et al., 2009; Marschark et al., 2019). Нами зафиксировано, что у детей с нарушением слуха отличаются стратегии визуального поиска и наблюдаются частые отвлечения и соскальзывания внимания.

Как и в предыдущих исследованиях, можно предположить, что детям с нарушением слуха более характерна не последовательная, а параллельная обработка зрительной информации (Stivalet et al., 1998), в связи с чем у них расширяется область поиска, границы области интереса сдвигаются на периферию (также мы дополняем, что им характерна стратегия «снизу-вверх», процесс отбора информационных признаков хаотичный, непоследовательный, они часто изменяют стратегию, особенно при затруднениях, перцептивные действия обладают меньшей свернутостью).

Исследование подтвердило точку зрения (например, Bharadwaj et al., 2016), что изменяется временная (последовательная) обработка зрительной информации у детей с нарушением слуха и могут изменяться зрительно-временные пороги обработки зрительной информации (как у Nava et al., 2008; Iversen et al., 2015; Heming et al., 2005). Это может сказываться на времени обнаружения стимула, времени определения необходимого и сопоставления нескольких стимулов (время просмотра), временном порядке рассмотрения предъявленных стимулов. Увеличение вре-

менных характеристик (времени обнаружения, времени рассматривания) будет связано с более длительным интервалом между началом слуховой инструкции и обнаружением необходимого зрительного стимула, что можно связать с тем, что идет задержка подачи слухового сигнала от имплантата и изменяется синхронизация слухового и зрительного предъявления стимулов. Также это связано с когнитивной сложностью восприятия при опознавании предметов в связи с бедностью словаря и сформированности связи «образ слова–зрительный предмет».

Также, по нашим данным, мы можем утверждать, что у детей с нарушением слуха меняется глубина обработки, интенсивность обработки зрительной информации, мера заметности («узнаваемость» распознавания) изображений, ментальная нагрузка при восприятии наглядностей учебного материала.

Заключение

При помощи айтрекинга через анализ движения глаз у детей с нарушением слуха нам удалось выявить специфику обработки зрительной информации, которая будет сказываться на особенностях восприятия учебных материалов в процессе обучения.

Нами дополнены представления о влиянии форм использования наглядностей учебных материалов, их предъявления в слухо-зрительном формате или с применением зрительных лексических опор в процессе обучения детей с нарушением слуха.

По данным сравнения разных способов предъявления наглядностей (слухо-зрительной или с визуальными лексическими опорами), наше исследование подтверждает, что у детей с нарушением слуха зрительное восприятие учебного материала зависит от модальности его предъявления, в том числе от того, предъявляется учебный материал только вербально (Dawson et al., 2002; Pisoni, 2007) или с опорой на зрительное лексическое обозначение.

Способ предъявления наглядности будет по-разному переструктурировать зрительное внимание детей с нарушением слуха. Так,

отдельное использование наглядностей при слуховой инструкции будет менее эффективно, чем если дополнительно применять с наглядностью зрительные лексические опоры. При сочетании в процессе обучения наглядностей со зрительными лексическими опорами у детей с нарушением слуха снижается когнитивная сложность восприятия, требуются меньшая детализация и время для обработки информации, изображения становятся заметнее, зрительная информация быстрее выделяется. Слухо-зрительное предъявление стимулов оказывается не столь эффективным, скорее всего потому, что задержка ввода информации кохлеарным имплантатом может привести к ограничению или отсутствию обработки последовательных слухо-зрительных стимулов. Также мы связываем это с тем, что слуховое восприятие речевого обозначения слова контрастирует со способностью детей с нарушением слуха формировать связь между звуковыми образами слов и обозначаемыми им предметами в сочетании с бедностью словаря. Поэтому возникает необходимость опоры на бимодальное восприятие.

Наши данные имеют значение в практике коррекции и обучения детей с нарушением слуха после кохлеарной имплантации, так как эффективная обработка последовательно предъявляемых зрительных стимулов в

форме наглядности учебных материалов важна для развития речи, накопления словаря и навыков чтения. При обучении и коррекции у детей с нарушением слуха должен произойти переход от слухо-зрительного к слуховому восприятию обращенной речи ребенком с кохлеарным имплантатом. Наши данные отображают, как для такого перехода могут быть встроены наглядности в процессе обучения.

Ограничения. Основные ограничения связаны с уникальностью и малодоступностью выборки кохлеарноимплантированных детей дошкольного возраста. Поэтому в будущем требуется расширить столь ограниченную к доступу выборку. Также в дальнейших перспективах требуется сопоставить выборки детей с нарушением слуха с кохлеарными имплантатами разных возрастных категорий с целью выявить возрастные особенности реорганизации переработки зрительной информации и роли срока ношения кохлеарного имплантата для компенсации ранней слуховой депривации. Также необходимо рассмотрение обработки зрительной информации у детей с нарушением слуха в разных экспериментальных ситуациях зрительного восприятия учебного материала.

Limitations. Possible issues in generalization of results, e. g., sample size, limited access to data.

Список источников / References

1. Ахутина, Т.В., Пылаева, Н.М. (2001). Диагностика зрительно-вербальных функций у детей 5–7 лет. *Школьный психолог*, 15 (87), 36–43. URL: <https://psy.1sept.ru/article.php?ID=200101506> (дата обращения: 10.09.2024).
2. Донская, Н.Ю., Линикова, Н.И. (1992). *Букварь для школ слабослышащих: (2-е отделение)*. М.: Просвещение.
3. Корсакова, Н.К., Микадзе, Ю.В., Балашова, Е.Ю. (2022). *Неуспевающие дети: нейропсихологическая диагностика младших школьников: учебное пособие для вузов*. М.: Издательство Юрайт.
4. Корниенко, А.А. (2021). Обзор зарубежных исследований о влиянии кохлеарной имплантации на качество жизни лиц с нарушениями слуха [Электронный ресурс]. *Современная зарубежная психология*, 10(2), 79–85. (In Russ.) <https://doi.org/10.17759/jmpf.2021100208>
5. Donaskaya, N.Yu., Linikova, N.I. (1992). *ABC book for schools for the hearing impaired: (2nd department)*. Moscow: Education. (In Russ.).
6. Kornienko, A.A. (2021). Review of foreign studies on the impact of cochlear implantation on the

- quality of life of people with hearing impairments [Electronic resource]. *Modern Foreign Psychology*, 10(2), 79–85. <https://doi.org/10.17759/jmfp.2021100208>
5. Almomani, F., Al-momani, M.O., Garadat, S., Alqudah, S., Kassab M., Hamadneh, S., Rauterkus, G., Gans, R. (2021). Cognitive functioning in Deaf children using Cochlear implants. *BMC Pediatrics*, 21, 71. <https://doi.org/10.1186/s12887-021-02534-1>.
 6. Bavelier, D., Hirshorn, E.A. (2010). I see where you're hearing: How cross-modal plasticity may exploit homologous brain structures. *Nature Neuroscience*, 13(11), 1309–1311. <https://doi.org/10.1038/nn1110-1309>
 7. Bottari, D., Heimler, B., Caclin, A., Dalmolin, A., Giard, M.H., Pavani, F. (2014). Visual change detection recruits auditory cortices in early deafness. *Neuroimage*, 1(94), 172–184. <https://doi.org/10.1016/j.neuroimage.2014.02.031>
 8. Chen, Q., He, G., Chen, K., Jin, Z., Mo, L. (2010). Altered spatial distribution of visual attention in near and far space after early deafness. *Neuropsychologia*, 48(9), 2693–2698. <https://doi.org/10.1016/j.neuropsychologia.2010.05.016>
 9. Conway, C.M., Karpicke, J., Anaya, E.M., Henning, S.C., Kronenberger, W.G., Pisoni, D.B. (2011). Nonverbal cognition in deaf children following cochlear implantation: Motor sequencing disturbances mediate language delays. *Developmental Neuropsychology*, 36, 237–254. <https://doi.org/10.1080/87565641.2010.549869>
 10. Dawson, P., Busby, P., McKay, C., Clark, G. (2002). Short-term auditory memory in children using cochlear implants and its relevance to receptive language. *Journal of Speech, Language, Hearing, Research*, 45, 789–801. [https://doi.org/10.1044/1092-4388\(2002\)064](https://doi.org/10.1044/1092-4388(2002)064)
 11. Daza, M.T., Phillips-Silver, J. (2013). Development of attention networks in deaf children: support for the integrative hypothesis. *Res Dev Disabil*, 34(9), 2661–2668. <https://doi.org/10.1016/j.ridd.2013.05.012>
 12. Kyle, F.E., Harris, M. (2011). Longitudinal Patterns of Emerging Literacy in Beginning Deaf and Hearing Readers. *The Journal of Deaf Studies and Deaf Education*, 16(3), 289–304. <https://doi.org/10.1093/deafened/enq069>
 13. Lauriello, M., Mazzotta, G., Mattei, A., Mulieri, I., Fioretti, A., Iacomino, E., Eibenstein, A. (2024). Assessment of Executive Functions in Children with Sensorineural Hearing Loss and in Children with Specific Language Impairment: Preliminary Reports. *Brain Sci.*, 14(5), 491. <https://doi.org/10.3390/brainsci14050491>.
 14. Lima, J.V.D.S., de Moraes, C.F.M., Zamberlan-Amorim, N.E., Mandrá, P.P., Reis, A.C.M.B. (2023). Neurocognitive function in children with cochlear implants and hearing aids: a systematic review. *Frontiers in neuroscience*, 17, 1242949. <https://doi.org/10.3389/fnins.2023.1242949>.
 15. Marschark, M., Edwards, L., Peterson, C., Crowe, K., Walton, D. (2019). Understanding Theory of Mind in Deaf and Hearing College Students. *Journal of deaf studies and deaf education*, 24(2), 104–118. <https://doi.org/10.1093/deafened/eny039>
 16. Monroy, C., Chen, C.H., Houston, D., Yu, C. (2021). Action prediction during real-time parent-infant interactions. *Developmental science*, 24(3), e13042. <https://doi.org/10.1111/desc.13042>
 17. Pisoni, W.D.R., Titterton, J., Henry, A., Toner, J.G. (2007). Auditory sensory memory and working memory processes in children with normal hearing and cochlear implants. *Audiol Neurotol*, 12(2), 65–76. <https://doi.org/10.1159/000097793>
 18. Sur, M. (2004). Rewiring cortex: Cross-modal plasticity and its implications for cortical development and function. In: *Stein B, editor. Handbook of multisensory processes — MIT Press; (pp. 681–694). Cambridge: MA: https://doi.org/10.7551/mitpress/3422.003.0051*
 19. Thakur, R., Jayakumar, J., Pant, S. (2023). Visual Perception and Attentional Skills in School-age Children: A Cross-Sectional Study of Reading Proficiency in the Hearing Impaired. *Indian J Community Med*, 4, 544–549. https://doi.org/10.4103/ijcm.ijcm_204_22
 20. Voss, P., Tabry, V., Zatorre, R.J. (2015). Trade-off in the sound localization abilities of early blind individuals between the horizontal and vertical planes. *J Neurosci*, 35(15), 6051–6056. <https://doi.org/10.1523/JNEUROSCI.4544-14.2015>
 21. Yurkovic-Harding, J., Lisandrelli, G., Shaffer, R.C., Dominick, K.C., Pedapati, E.V., Erickson, C.A., Yu, C., Kennedy, D.P. (2022). Children with ASD establish joint attention during free-flowing toy play without face looks. *Current biology:CB*, 32(12), 2739–2746.e4. <https://doi.org/10.1016/j.cub.2022.04.044>

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

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](mailto: yana.smirnova@mail.ru)

Вклад авторов

Смирнова Я.К. — идеи исследования; аннотирование, написание и оформление рукописи; планирование исследования; контроль за проведением исследования, применение статистических, математических или других методов для анализа данных; проведение эксперимента; сбор и анализ данных; визуализация результатов исследования. Автор принял участие в обсуждении результатов и согласовал окончательный текст рукописи.

Contribution of the Authors

Smirnova Ya.K. — research ideas; annotation, writing and design of the manuscript; research planning; monitoring the conduct of the study, application of statistical, mathematical or other methods for data analysis; conducting the experiment; data collection and analysis; visualization of the research results. The author took part in the discussion of the results and agreed on the final text of the manuscript.

Конфликт интересов

Автор заявляет об отсутствии конфликта интересов.

Conflict of Interest

The author declare no conflict of interest.

Декларация об этике

Исследование было рассмотрено и одобрено Этическим комитетом ФГБОУ ВО «Алтайский государственный университет» (протокол 8 от 30.11.2023).

Ethics Statement

The study was reviewed and approved by the Ethics Committee of the Federal State Budgetary Educational Institution of Higher Education "Altai State University" (report no 8, 2023/11/30).

Поступила в редакцию 12.03.2024

Поступила после рецензирования 09.10.2025

Принята к публикации 19.02.2025

Опубликована 30.04.2025

Received 2025 03.12.

Revised 2025 10.09.

Accepted 2025 02.19.

Published 2025 04.30.