

Айтрекинг-исследование трудностей обучения 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

В статье анализируется специфика организации перцептивной деятельности дошкольников с нарушением слуха и без при разной форме инструкции в процессе обучения. Проведено сравнительное исследование выборки детей 4–6 лет: типично развивающихся и с сенсоневральной тугоухостью после кохлеарной имплантации. В процессе эксперимента варьировались сочетания вербальной и невербальной инструкции. В ходе выполнения обучающего задания происходила фиксация движения глаз мобильным трекером Pupil Labs в форме очков. При изменении форм инструкции в 4-х сериях эксперимента обнаружено, что мерой снижения визуального внимания в процессе обучения у детей с нарушением слуха являются изменения периодов фиксаций, когда они сосредоточены на целевых для обучающего задания регионах (таких, как бланк для выполнения задания, образец, лицо взрослого). У детей с нарушением слуха в процессе обучения зафиксирована трансформация перцептивных процессов в зависимости от формы инструкции: снижается ли фиксация на нецелевых стимулах, фиксация происходит быстрее или медленнее, снижается ли когнитивная сложность информации, будет ли фиксация дольше в целевых областях, возникает ли постоянное внимание и совместное внимание со взрослым. Показано, как разная форма инструкции позволяет переструктурировать восприятие ребенка с нарушением слуха, сфокусировав внимание на релевантных задаче элементах. Проанализированы отличия в изменении перцептивной деятельности типично развивающихся дошкольников и дошкольников с нарушением слуха при разной форме инструкции. Выявлено, что движение глаз детей с нарушением слуха в отличие от сверстников можно охарактеризовать существенным сокращением ориентировочных перцептивных действий. Наиболее эффективным для детей с нарушением слуха является одновременное использование мультимодальных средств объяснения инструкции либо отдельно невербальных форм инструкции (показ действия или образец). Для типично развивающихся детей невербальные формы инструкции без вербального сопровождения не столь эффективны.

Ключевые слова: совместное внимание, социальное внимание, объединенное внимание, обучение, возрастное развитие, дошкольный возраст, атипичное развитие, нарушение слуха, кохлеарная имплантация, окулография, айтрекер.

Смирнова Я.К.
Айтрекинг исследование трудностей обучения детей
с нарушением слуха
Психолого-педагогические исследования. 2023.
Том 15. № 2. С. 131–154.

Smirnova Y.K.
Eye Tracking Research On Learning Difficulties For
Children With Hearing Impairments
Psychological and pedagogical research. 2023.
Vol. 15, no. 2, pp. 131–154.

Финансирование. Результаты исследований получены при финансовой поддержке гранта РФФ 21-78-00029 «Айтрекинг исследование трудностей обучения детей с нарушением слуха».

Для цитаты: Смирнова Я.К. Айтрекинг исследование трудностей обучения детей с нарушением слуха [Электронный ресурс] // Психолого-педагогические исследования. 2023. Том 15. № 2. С. 131–154. DOI:10.17759/cpse.2023150208

Eye Tracking Research On Learning Difficulties For Children With Hearing Impairments

Smirnova Ya.K.,

Altai State University, Barnaul, Russia,

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

The article analyzes the specifics of the organization of the perceptual activity of preschoolers with and without hearing impairment with different forms of instruction in the learning process. A comparative study of a sample of children aged 4-6 years was carried out: typically developing and with sensorineural hearing loss after cochlear implantation. During the experiment, the combinations of verbal and non-verbal instructions were varied. During the training task, eye movements were recorded by a Pupil Labs mobile tracker in the form of glasses. When changing the forms of instructions in 4 series of the experiment, it was found that a measure of reducing visual attention in the learning process in children with hearing impairment is changes in the periods of fixations when they are focused on the regions targeted for the learning task (such as a form for completing the task, a sample, an adult's face) . In children with hearing impairment, during the learning process, a transformation of perceptual processes was recorded depending on the form of the instruction: whether fixation on non-target stimuli decreases, fixation occurs faster or slower, whether the cognitive complexity of information decreases, whether fixation will be longer in target areas, whether there is constant attention and shared attention with an adult. It is shown how a different form of instruction allows you to restructure the perception of a child with hearing impairment, focusing attention on the elements relevant to the task. Differences in the change in the perceptual activity of typically developing preschoolers and preschoolers with hearing impairment were analyzed with different forms of instruction. It was found that the movement of the eyes of children with hearing impairment, unlike their peers, can be characterized by a significant reduction in orienting perceptual actions. The most effective for children with hearing impairment is the simultaneous use of multimodal means of explaining instructions or separately non-verbal forms of instructions (showing an action or a sample). For typically developing children, non-verbal forms of instruction without verbal accompaniment are not as effective.

Keywords: joint attention, social attention, shared attention, learning, age-related development, preschool age, atypical development, hearing impairment, cochlear implantation, oculography, eye tracker

Funding. The research results were obtained with the financial support of the Russian Science Foundation grant 21-78-00029 "Eyetracking research on learning difficulties for children with hearing impairments."

For citation: Smirnova Ya.K. Eye tracking research on learning difficulties for children with hearing impairments. *Psychological and pedagogical research*, 2023. Vol. 15, no. 2, pp. 131–154. DOI:10.17759/cpse.2023150208 (In Russ.).

Введение

В современной психологической науке все чаще используются мобильные версии айтрекеров для исследования совместного внимания ребенка и взрослого в естественных условиях взаимодействия [10; 28].

С развитием технологий метода айтрекинга стало возможно более объективно проследить трансформацию перцептивных процессов ребенка под влиянием обучения [1; 6; 7; 9; 12; 18; 20].

С целью изучения процесса обучения метод айтрекинг применялся для исследования восприятия детьми визуальных материалов, какие его характеристики способствуют улучшению понимания и осмыслению материала и как происходит перестройка восприятия ребенка под влиянием обучающего воздействия [5; 15; 16; 25].

Понимание процесса восприятия как ориентировочно-исследовательского действия, в котором строится образ объекта [2; 4], позволило методом регистрации движений глаз зафиксировать, что восприятие является системной, изменяющейся и сворачивающейся в ходе обучения психической функцией, продемонстрирована зависимость движений глаз от задачи, от места перцептивных действий в структуре деятельности [3; 11; 26; 27].

То есть с точки зрения анализа стадий обучения происходит изменение паттерна движений глаз в результате воздействия. Общие выводы айтрекинг-исследований о том, как меняется глазодвигательная активность в процессе обучения, могут быть универсальными: перцептивные действия в результате обучения характеризуются большей свернутостью (гипотеза «сокращения информации») [5; 17; 23; 29], а также умением выделять релевантные задаче области [18; 19], изменением скорости восприятия информации [24; 29].

Взаимодействие ребенка со взрослым строится на мультимодальных средствах установления совместного внимания, но остается мало исследований, раскрывающих, как сенсорная депривация влияет на выбор средств установления совместного внимания.

Показано разнообразие путей, ведущих к скоординированному вниманию [30]. Дети с нарушением слуха могут использовать свои собственные сенсомоторные навыки, речь взрослого и иные социальные сигналы, чтобы координировать совместное внимание в целях обучения [27; 31]. Так у детей с кохлеарными имплантами развивается уникальное словесно-жестовое двуязычие, или билингвизм, который позволяет передавать параллельно несколько потоков информации (визуальные, языковые и моторные сигналы) [31].

Несмотря на полученные в предыдущих исследованиях результаты, до сих пор остается мало исследован вопрос, как эффективно переструктурировать визуальное внимание ребенка с нарушением слуха в процессе обучения, а именно – сфокусировать внимание на необходимых для выполнения учебной задачи элементах у детей с нарушением слуха. Необходимо исследовать, как действия взрослого с объектами поддерживают и расширяют визуальное внимание ребенка на те же самые объекты [20; 29; 30; 31].

Специфика выборки детей с нарушением слуха заключается в том, что установка кохлеарных имплантатов обеспечивает доступ к звуку детям с сенсоневральной тугоухостью. Оценка неблагоприятных исходов после кохлеарной имплантации колеблется от 25% до 30% в зависимости от поведенческих критериев, используемых для оценки пользы и результатов [14]. В связи с этим рассмотрение проблемы обучения детей с кохлеарными имплантами дало бы возможность улучшить эффективность в разработке коррекционных программ для детей с нарушением слуха.

Таким образом, предыдущие исследования продемонстрировали различия во взаимодействии взрослых и детей с нарушением слуха, которые могут препятствовать их обучению и развитию [11; 23].

Методология отслеживания взгляда позволяет идентифицировать потенциальные множественные пути, с помощью чего дети (с нарушением слуха и без) сосредотачивают свое внимание на взрослом и обучающем материале.

Основная цель исследования – проанализировать стратегии движения глаз детей с нарушением слуха при разной форме подачи инструкции учебного задания и на основании этого выделить трудности установления совместного внимания в процессе обучения.

Процедура и методы исследования

Эмпирическая выборка исследования

Дошкольники в возрасте от 4 до 6 лет:

- 15 дошкольников с сенсоневральной тугоухостью (средний возраст – 5,4 года). Средний порог слухового восприятия – 0,5, 1, 2 и 4 кГц – более 90 дБ. Из них 8 девочек и 7 мальчиков. Кохлеарная имплантация производилась в возрасте трех лет.
- 16 типично развивающихся дошкольников (средний возраст – 6,1 лет): 8 мальчиков и 8 девочек.

Методы

Ребенку предлагалось обучающее задание – модификация методики Пьерона-Рузера по заполнению фигур в форме корректурной пробы.

На бланке предлагались незаполненные фигуры в несколько рядов. На отдельном листе ребенку показывался «ключ» как правило заполнения этих фигур. Ребенок должен был расставить в фигурах на бланке знаки, нарисованные в «ключе».

Предлагались 4 формы инструкции при выполнении обучающего задания:

1. Только словесная инструкция (задействование вербальных средств установления совместного внимания).

2. Словесная инструкция с сопровождением взрослым примера необходимого действия – заполнения «ключа» для ребенка (задействие вербальных и невербальных средств установления совместного внимания).

3. Инструкция в виде показа необходимых действий заполнения «ключа» взрослым с исключением словесного сопровождения (задействие невербальных средств установления совместного внимания).

4. Инструкция в виде демонстрации образца «ключа» без вербального сопровождения и без сопровождающего показа примера действий (без использования средств установления совместного внимания).

В 4 сериях менялись образцы и правила их заполнения. Порядок предъявления инструкции не менялся.

В каждой серии эксперимента на заполнение бланка давалось 60 секунд. Но серия эксперимента могла закончиться после того, как бланк был заполнен ребенком целиком.

Время выполнения задания для выборки детей с нарушением слуха составило $54462,18 \pm 10774,8$ мс. Для типично развивающихся детей – $60408,67 \pm 10774,8$ мс. При проверке Т-критерием Стьюдента для независимых выборок было выявлено, что время выполнения испытания контрастными группами статистически значимо не отличается ($p \geq 0,05$).

Также было проанализировано время выполнения каждой из 4-х серий эксперимента контрастными группами (табл. 1).

Таблица 1
Сравнение контрастных групп по времени выполнения 4-х серий эксперимента

Серия эксперимента	Группа	Среднее (в мс)	Среднекв. отклонение
1-я серия эксперимента	типично развивающиеся дошкольники	21470,1765	6051,42449
	дошкольники с нарушением слуха	1131,9150	922,52641
2-я серия эксперимента	типично развивающиеся дошкольники	39544,22	7259,281
	дошкольники с нарушением слуха	46390,14	26941,548
3-я серия эксперимента	типично развивающиеся дошкольники	384,6790	170,52632
	дошкольники с нарушением слуха	2316,1017	3921,55166
4-я серия эксперимента	типично развивающиеся дошкольники	342,65	63,407
	дошкольники с нарушением слуха	5394,70	6418,938

При проверке различий Т-критерием Стьюдента для независимых групп время 4-х серий эксперимента между контрастными группами статистически значимо не отличается ($p \geq 0,05$). Различия во времени могут быть вызваны индивидуальными различиями, темпом деятельности, вработываемостью и утомляемостью, сложностью задания.

Все серии испытания проводились в один день.

Методики и аппаратура

Регистрация движения глаз в ходе эксперимента производилась мобильным айтрекером Pupil Labs. Технология слежения за зрачками – «Темный зрачок с 3D моделью». Параметры

зрачка – 3D-модели глаз. Частота дискретизации 200 Гц, 192×192 px. Высокоскоростная сеновая камера 480p/120hz, vga. Точность определения координат 0,60 градуса; точность определения взора 0,08 градуса. Задержка обработки > 3 мс. Задержка камеры – 4,5 мс.

Маркерами как зоны интереса были выделены: лицо экспериментатора; бланк и учебный образец.

Статистическая обработка данных производилась в программе SPSS 23.0.

Результаты исследования

Изначально Т-критерием Стьюдента для независимых выборок было произведено сравнение параметров глазодвигательной активности у типично развивающихся дошкольников и у дошкольников с нарушением слуха в 4-х сериях эксперимента с разной формой инструкции.

Обнаружено, что у дошкольников с нарушением слуха в отличие от типично развивающихся дошкольников во всех сериях эксперимента отличается количество и продолжительность фиксации на образце с учебным заданием (табл. 2).

Таблица 2

Сравнение контрастных групп

Показатель	Группа	1-я серия эксперимента (t=4,16, P=0,0001)	2-я серия эксперимента (t=4,15, P=0,0001)	3-я серия эксперимента (t=2,28, P=0,010)	4-я серия эксперимента (t=3,11, P=0,005)
Количество фиксаций на образце	типично развивающиеся дошкольники	4,24±2,84	21,00±14,36	12,20±9,68	13,21±11,74
	дошкольники с нарушением слуха	0,50±0,16	3161,39±929,08	600,30±279,70	2,67±0,90
Показатель	Группа	1-я серия эксперимента (t=4,23, P=0,0001)	2-я серия эксперимента (t=4,02, P=0,001)	3-я серия эксперимента (t=2,79, P=0,011)	4-я серия эксперимента (t=3,28, P=0,003)
Продолжительность фиксаций на образце (в миллисекундах)	типично развивающиеся дошкольники	1645,37±1139,99	11390,66±8625,06	6452,85±5641,30	5467,49±4722,21
	дошкольники с нарушением слуха	154,32±48,32	3398,43±997,34	1307,17±582,30	1047,18±361,54

У дошкольников с нарушением слуха снижена общая продолжительность фиксаций и меньше количество фиксаций в первых 3-х сериях эксперимента (табл. 3).

Таблица 3

Сравнение контрастных групп

Показатель	Группа	1-я серия эксперимента (t=2,17, P=0,040)	2-я серия эксперимента (t=3,36, P=0,003)	3-я серия эксперимента (t=5,38, P=0,0001)
общая продолжительность фиксаций (в миллисекундах)	типично развивающиеся дошкольники	7794,59±3382,82	18867,51±7216,78	13037,45±5294,63
	дошкольники с нарушением слуха	4705,33±2457,60	10322,55±4566,44	4318,21±3985,27
Показатель	Группа	1-я серия эксперимента (t=2,315, P=0,030)	2-я серия эксперимента (t=3,051, P=0,006)	3-я серия эксперимента (t=5,141, P=0,0001)
общее количество фиксаций	типично развивающиеся дошкольники	18,94±7,84	38,83±12,84	25,87±9,49

	дошкольники с нарушением слуха	11,88±6,13	24,33±9,25	9,5±8,35
--	--------------------------------	------------	------------	----------

В первых трех сериях эксперимента у дошкольников с нарушением слуха меньше фиксаций на целевых стимулах (табл. 4).

Таблица 4

Сравнение контрастных групп

Показатель	Группа	1-я серия эксперимента (t=4,16, p=0,0001)	2-я серия эксперимента (t=3,99, p=0,001)	3-я серия эксперимента (t=2,98, p=0,007)
продолжительность фиксаций на целевые стимулы (в миллисекундах)	типично развивающиеся дошкольники	2539,84±1992,51	12598,32±8650,85	6734,19±5699,57
	дошкольники с нарушением слуха	870,25±750,45	2953,72±4156,99	1169,46±2595,46

Можно прийти к выводу, что у детей с нарушением слуха окулomotorная активность носит свернутый характер: меньше время и количество фиксаций, которые не приводят к фиксации взгляда на релевантных учебной задаче областях.

У детей с нарушением слуха обнаружено снижение количества фиксаций длительностью 300-500 миллисекунд (табл. 5).

Таблица 5

Сравнение контрастных групп

Показатель	Группа	1-я серия эксперимента (t=2,67, P=0,014)	2-я серия эксперимента (t=2,52, P=0,019)	3-я серия эксперимента (t=5,1, P=0,0001)
количество фиксаций длительностью 300-500 мс	типично развивающиеся дошкольники	13,05±5,92	21,44±7,16	14,26±6,11
	дошкольники с нарушением слуха	8±3,57	15,16±5,76	4,66±3,79

Далее было произведено сравнение дисперсионным анализом окулomotorной активности детей с нарушением слуха в 4-х сериях эксперимента (табл. 6).

Таблица 6

Сравнение выполнения серий эксперимента дошкольниками с нарушением слуха

Показатель	1-е испытание	2-е испытание	3-е испытание	4-е испытание	F (степень свободы между группами – 3)	Значимость	Частичная эта-кватрат	Нецентр. параметр	Наблюденная мощность ^k
продолжительность первой фиксации на нецелевые стимулы (в миллисекундах)	372,03±197,12	348,81±51,43	195,98±144,77	351,95±52,25	5,21	0,004	0,087	1,917	0,160
продолжительность первой фиксации на целевые стимулы (в миллисекундах)	250,75±148,88	252,71±118,22	102,66±151,81	393,85±123,35	9,24	0,0001	0,104	2,329	0,186
продолжительность фиксаций на целевые стимулы (в миллисекундах)	870,25±750,45	2953,72±4156,99	1169,46±2595,46	5394,69±6120,21	2,93	0,045	0,158	3,759	0,284

продолжительность фиксации на нецелевые стимулы (в миллисекундах)	3835,08±22 51,68	7368,82±4 492,92	3148,75±2 795,71	7306,42 ±3503,7 2	4,87	0,005	0,638	35,252	0,998
общая продолжительность фиксации (в миллисекундах)	4705,33±24 57,60	10322,55± 4566,44	4318,21±3 985,27	12701,1 2±8300, 23	6,63	0,001	0,539	23,349	0,969
общее количество фиксаций	11,88±6,13	24,33±9,2 5	9,5±8,35	31,16±1 8,42	8,64	0,0001	0,120	2,727	0,213
количество фиксаций на лице	1,77±1,39	1±1,47	0	10,16±1 4,94	4,27	0,010	0,235	6,151	0,446
продолжительность фиксации на лице (в миллисекундах)	700,93±634, 56	384,30±62 3,37	0	4347,51 ±6592,1 8	4,06	0,013	0,117	2,644	0,207
количество фиксаций длительностью <300 мс	2,33±2,78	3,5±1,31	1,66±1,55	4,5±3,3 9	3,21	0,033	0,248	6,610	0,476
количество фиксаций длительностью 300-500 мс	8±3,57	15,16±5,7 6	4,66±3,79	20,33±9 ,79	14,13	0,0001	0,100	2,232	0,180

При разной форме подачи инструкции обнаруженная следующая специфика глазодвигательной активности позволяет проанализировать эффективность способа подачи инструкции для детей с нарушением слуха.

Наиболее эффективным для восприятия инструкции для детей с нарушением слуха является инструкция в виде показа примера действия: снижается фиксация на нецелевых стимулах, фиксация происходит быстрее, снижается когнитивная сложность информации, фиксация длится дольше в целевых областях. При этом наблюдается сниженное количество фиксаций, свидетельствующее о постоянном устойчивом внимании, ребенок реже обращается к лицу взрослого за подсказкой.

Эффективным для восприятия инструкции для детей с нарушением слуха также является сочетание вербальной инструкции с демонстрацией примера действий: дети быстрее различают целевые и нецелевые стимулы, увеличивается количество фиксаций, свидетельствующих о постоянном внимании ребенка. Но данный тип инструкции не приводит к уменьшению количества и времени нецелевых фиксаций.

Также эффективным является предъявление зрительного образца. Но если инструкция предъявляется только в виде образца, ребенок все равно обращается к взрослому: выше количество фиксаций, сделанных на лице взрослого, дольше их продолжительность, это говорит о том, что нужна подсказка взрослого.

При выполнении задания только по вербальной инструкции чаще устанавливается совместное внимание, дети чаще и дольше смотрят на лицо взрослого.

То есть ребенку с нарушением слуха нужна пошаговая сверка с взрослым: хотя ребенок также самостоятельно производит и контролирует свои действия, но взрослый организует следование программе и контроль – сличение с программой.

Для группы типично развивающихся детей выявлена иная тенденция (табл. 7).

Таблица 7

Сравнение выполнения серий эксперимента типично развивающимися дошкольниками

Показатель	1-е испытание	2-е испытание	3-е испытание	4-е испытание	F (степень свободы между группами – 3)	Значимость	Частичная эта-квadrat	Нецентр. параметр	Наблюденная мощность β^k
продолжительность фиксации на целевые стимулы (в миллисекундах)	2539,84±1992,51	12598,32±8650,85	6734,19±5699,57	7672,35±5286,40	8,31	0,000	0,294	24,940	0,990
общая продолжительность фиксации (в миллисекундах)	7794,59±3382,82	18867,51±7216,78	13037,45±5294,63	13772,94±6091,40	11,07	0,0001	0,356	33,222	0,999
общее количество фиксаций	18,94±7,84	38,83±12,84	25,87±9,49	33,07±14,70	9,76	0,0001	0,328	29,289	0,997
количество фиксаций на лице	2,00±3,41	2,72±4,40	0,80±1,47	5,14±6,49	2,66	0,056	0,117	7,982	0,621
количество фиксаций на образце	4,24±2,84	21,00±14,36	12,20±9,68	13,21±11,74	7,31	0,0001	0,268	21,945	0,978
продолжительность фиксации на образце (в миллисекундах)	1645,37±1139,99	11390,66±8625,06	6452,85±5641,30	5467,49±4722,21	8,36	0,0001	0,295	25,079	0,990
количество фиксаций длительностью <300 мс	2,35±1,50	4,56±2,04	2,60±1,59	5,64±3,63	7,33	0,0001	0,268	22,008	0,979
количество фиксаций длительностью 300-500 мс	13,06±5,92	21,44±7,16	14,27±6,11	21,50±9,58	6,32	0,001	0,240	18,973	0,957
количество фиксаций длительностью дольше 500 мс	3,53±2,67	12,83±7,59	9,00±5,10	5,93±3,34	10,41	0,0001	0,342	31,248	0,998

У группы типично развивающихся общая продолжительность фиксаций и продолжительность фиксаций на целевые стимулы дольше, больше количество фиксаций во второй серии эксперимента, где инструкция была вербальная в сочетании с примером необходимого действия заполнения «ключа». А для детей с нарушением слуха общая продолжительность фиксаций и продолжительность фиксаций на целевые стимулы была дольше в 4-ой серии эксперимента при инструкции в виде демонстрации образца «ключа» без вербального сопровождения и без сопровождающего показа примера действий.

Во второй серии эксперимента у типично развивающихся детей выше количество фиксаций на образце. Можно сказать, что для данной группы детей наиболее эффективной является инструкция: сочетание вербальной инструкции с демонстрацией примера действий.

Менее эффективной для типично развивающихся детей является инструкция только в словесной форме: меньше продолжительность целевых фиксаций, общее количество и количество фиксаций на учебном образце, менее устойчивое внимание от 300 мс.

Но можно выделить общие тенденции двух групп.

Во второй серии эксперимента (словесная инструкция с сопровождением взрослым примера необходимого действия – заполнения «ключа» для ребенка) в обеих группах увеличивается совместное внимание, количество фиксаций длительностью дольше 500 миллисекунд, что говорит о более устойчивом внимании.

Так же как и у дошкольников с нарушением слуха, у типично развивающихся детей

количество фиксации на лице взрослого экспериментатора выше в 4-ой серии эксперимента, где инструкция была в виде демонстрации образца «ключа» без вербального сопровождения и без сопровождающего показа примера действий.

Далее для подтверждения специфичности восприятия форм инструкции дошкольниками с нарушением слуха нами был проанализирован эффект взаимодействия между независимыми переменными «группа» (дети с нарушением слуха и типично развивающиеся дети) и «форма инструкции» (4 формы инструкции, меняющихся в сериях эксперимента). Был применен многофакторный дисперсионный анализ с апостериорным критерием Тьюки (табл. 8).

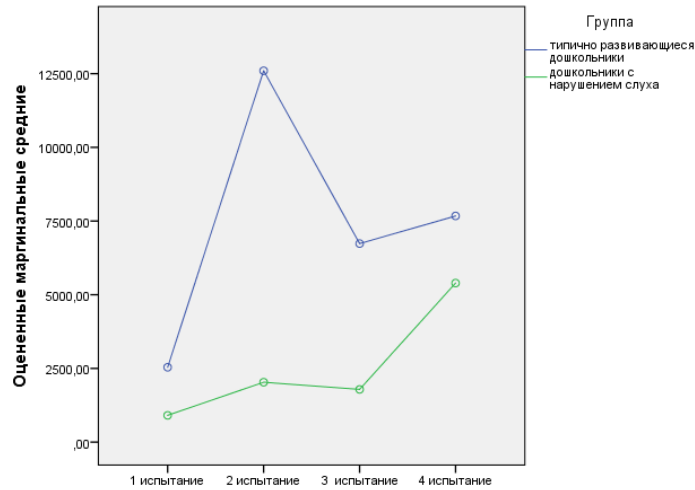
Таблица 8

Выявление многофакторным дисперсионным анализом эффекта взаимодействия между независимыми переменными «группа» и «форма инструкции»

Многомерные критерии									
Эффект		Значение	F	Ст.св. гипотезы	Ошибка ст.св.	Значимость	Частичная эта-квадрат	Нецентр. параметр	Наблюдённая мощность ^d
группа* форма инструкции	След Пиллаи	1,27	3,35	45	204	0,0001	0,425	151,052	1
	Лямбда Уилкса	0,14	4,05	45	196,85	0,0001	0,477	179,824	1
	След Хотеллинга	3,22	4,62	45	194	0,0001	0,518	208,295	1
	Наибольший корень Роя	1,81	8,23с	15	68	0,0001	0,645	123,460	1
Критерии межгрупповых эффектов									
Источник		Сумма квадратов типа III	ст. св.	Средний квадрат	F	Значимость	Частичная эта-квадрат	Нецентр. параметр	Наблюдённая мощность ^p
	продолжительность фиксации на целевые стимулы (в миллисекундах)	335563536,34	3,00	111854512,11	3,54	0,02	0,12	10,63	0,77
	общая продолжительность фиксации (в миллисекундах)	813735813,04	3	271245271,01	9,01	0,0001	0,25	27,04	0,99
	общее количество фиксации	9223789,67	3	3074596,56	2,62	0,051	0,09	7,87	0,62
	количество фиксации на лице	49611731,88	3	16537243,96	6,07	0,001	0,18	18,21	0,95
	количество фиксации на образце	30060418,73	3	10020139,58	6,17	0,001	0,18	18,51	0,95
	время до первой фиксации	69934586,03	3	23311528,68	3,01	0,035	0,10	9,05	0,69
	количество фиксации длительностью меньше 300 мс	14287761,59	3	4762587,20	6,32	0,001	0,19	18,97	0,96
	количество фиксации длительностью дольше 500 мс	2293754,27	3	764584,76	2,63	0,055	0,09	7,91	0,62

Во всех сериях эксперимента дошкольники с нарушением слуха меньше по времени

фиксируются на целевых стимулах (рис. 1).

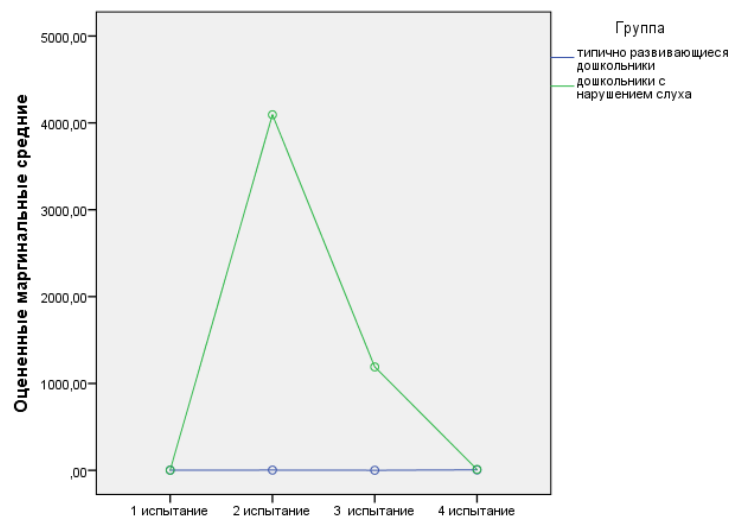


	1-е испытание	2-е испытание	3-е испытание	4-е испытание
типично развивающиеся дошкольники	2539,84±1362,68	12598,32±1324,29	6734,20±1450,68	7672,35±1501,60
дошкольники с нарушением слуха	907,93±2293,73	2031,56±2293,73	1787,77±2293,73	5394,69±2293,73

Рис. 1. Сравнение контрастных групп в 4-х сериях эксперимента по продолжительности фиксаций на целевые стимулы

При этом если самые длительные целевые фиксации типично развивающиеся дети делают во 2-ой серии эксперимента (12598,32±1324,29), то дошкольники с нарушением слуха – в 4-ой серии эксперимента (5394,69±2293,73). Обе группы дошкольников делают самые непродолжительные целевые фиксации в 1-ой серии эксперимента.

Дошкольники с нарушением слуха делают больше фиксаций на лице взрослого экспериментатора, чем типично развивающиеся дети (рис. 2).



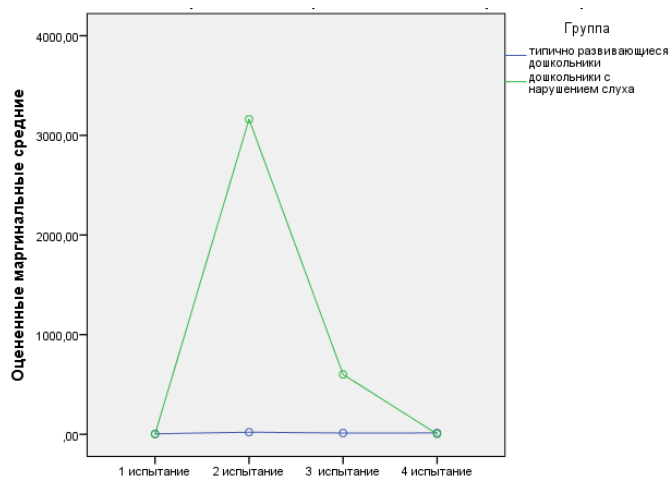
Группа	1-е испытание	2-е испытание	3-е испытание	4-е испытание
типично развивающиеся дошкольники	0,00	0,00	0,00	0,00
дошкольники с нарушением слуха	0,00	4111,11	1222,22	0,00

типично развивающиеся дошкольники	2,00±3,41	2,72±4,40	0,80±1,47	5,14±6,49
дошкольники с нарушением слуха	1,83±1,47	4094,17±6309,48	1190,70±1939,04	10,17±15,68

Рис. 2. Сравнение контрастных групп в 4-х сериях эксперимента по количеству фиксаций на лице взрослого

При этом наибольшее число фиксаций на лице взрослого экспериментатора дошкольники с нарушением слуха делают во 2-ой серии эксперимента (4094,17±6309,48), наименьшее – в 1-ой (1,83±1,47) и 4-ой (10,17±15,68) сериях эксперимента. Более частую ориентацию на взрослого можно рассматривать как потребность в установлении совместного внимания и поиск подсказки, помощи при данной форме инструкции, с одной стороны. С другой стороны, более частое обращение к лицу взрослого у дошкольников с нарушением слуха связано со спецификой их обучения и дефекта.

Различия демонстрируются в количестве фиксаций на образце (рис. 3).

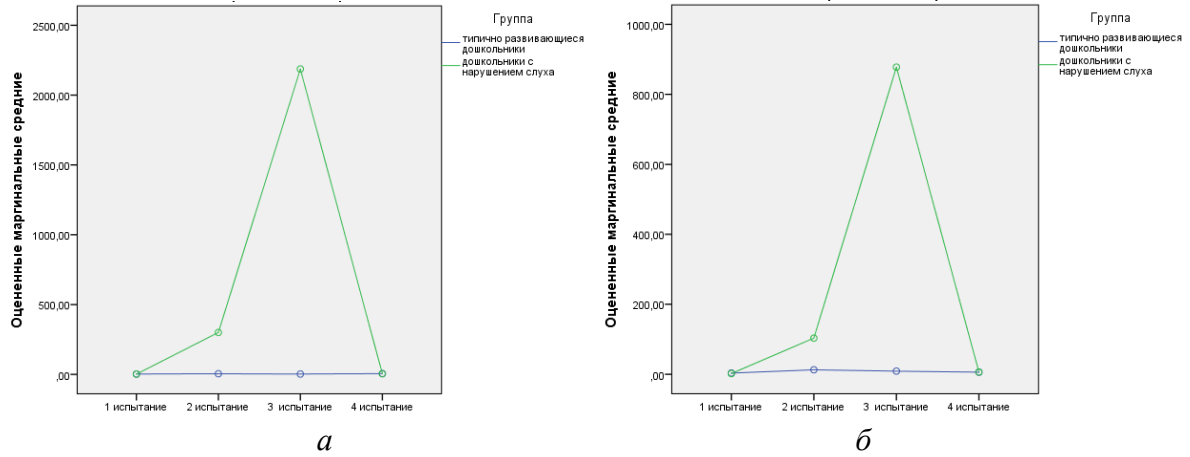


Группа	1-е испытание	2-е испытание	3-е испытание	4-е испытание
типично развивающиеся дошкольники	4,24±2,84	21,00±14,36	12,20±9,68	13,21±11,74
дошкольники с нарушением слуха	0,50±0,84	3161,39±4880,97	600,30±1469,44	2,67±4,72

Рис. 3. Сравнение контрастных групп в 4-х сериях эксперимента по количеству фиксаций на учебном образце

Наибольшее количество фиксаций дети с нарушением слуха делают во 2-ой и 3-ей сериях эксперимента. Увеличенное количество фиксаций на образце можно также рассматривать как потребность в дополнительной подсказке и опоре при данной форме инструкции. При этом у типично развивающихся дошкольников во всех сериях эксперимента этих фиксаций на образце меньше, чем у дошкольников с нарушением слуха. Скорее всего, у них меньше проявляется потребность в подсказке в виде зрительного образца и опоре на него при выполнении задания.

Выявлено, что именно во 2-ой серии эксперимента у детей с нарушением слуха более устойчивое внимание, длящееся от 300 до 500 миллисекунд.

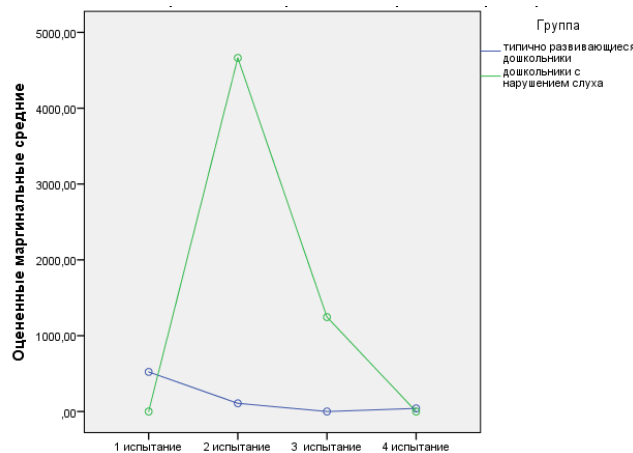


Группа	1-е испытание	2-е испытание	3-е испытание	4-е испытание	1-е испытание	2-е испытание	3-е испытание	4-е испытание
типично развивающиеся дошкольники	2,35±1,50	4,56±2,04	2,60±1,59	5,64±3,63	3,53±2,67	12,83±7,59	9,00±5,10	5,93±3,34
дошкольники с нарушением слуха	2,00±2,61	300,17±533,26	2186,95±3429,87	4,50±3,56	2,00±2,61	103,45±151,29	877,65±2147,82	6,33±6,92

Рис. 4. Сравнение контрастных групп в 4-х сериях эксперимента по количеству фиксаций меньше 300 мс (а) и больше 500 мс (б)

Во 2-ом и 3-ем испытаниях внимание дошкольников с нарушением слуха значительно устойчивее, чем у типично развивающихся детей. Однако в 4-ой серии эксперимента дошкольники с нарушением слуха также делают больше фиксаций от 300-500 мс, чем типично развивающиеся дошкольники.

Если типично развивающиеся дошкольники медленнее фиксируют внимание (время до первой фиксации) в 1-ой серии эксперимента, то дошкольники с нарушением слуха – во 2-ой серии эксперимента.



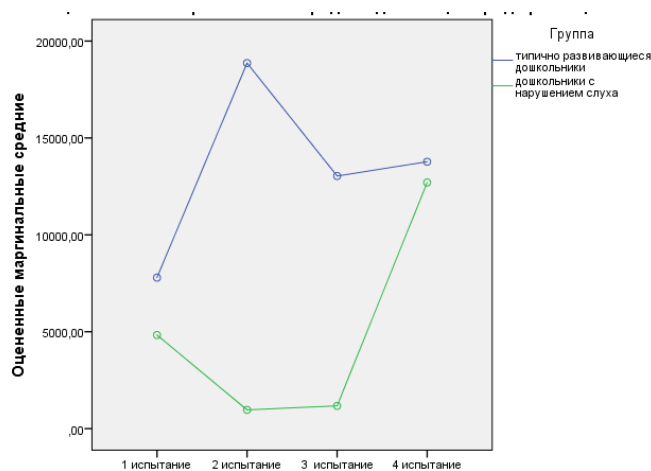
Группа	1-е испытание	2-е испытание	3-е испытание	4-е испытание
типично развивающиеся дошкольники	522,41±2044,33	108,00±232,34	0	40,71±152,34
дошкольники с нарушением слуха	0	4662,79±10081,51	1245,16±2889,18	0

Рис. 5. Сравнение контрастных групп в 4-х сериях эксперимента по времени до первой

фиксации

Быстрее всего у дошкольников с нарушением слуха внимание фиксируется в 1-ой (0) и 4-ой (0) сериях эксперимента. То есть именно при этих формах инструкции дети с нарушением слуха переходят от инструкции к анализу и выполнению задания. В то время как типично развивающиеся дошкольники, наоборот, во 2-ой (108,00±232,34) и 3-ей (0) сериях эксперимента.

Во всех сериях эксперимента дошкольники с нарушением слуха имеют ниже общую продолжительность фиксаций (рис. 6).

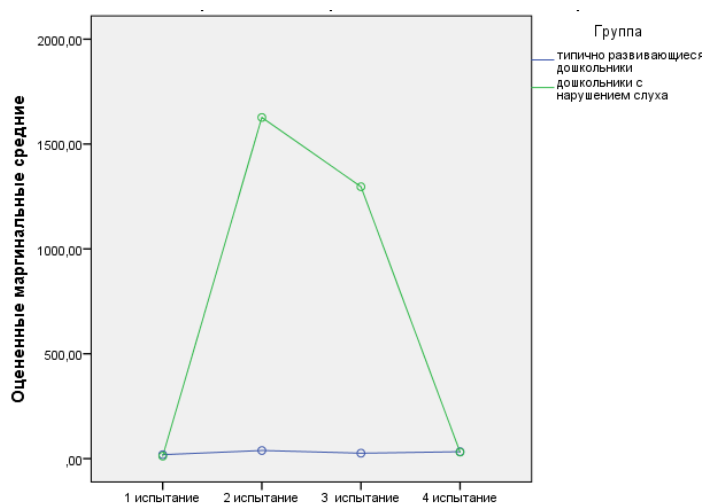


Группа	1-е испытание	2-е испытание	3-е испытание	4-е испытание
типично развивающиеся дошкольники	7794,59±3382,82	18867,51±7216,78	13037,45±5294,63	13772,94±6091,40
дошкольники с нарушением слуха	4830,19±2420,89	967,38±1919,71	1172,79±2720,88	12701,12±8705,36

Рис. 6. Сравнение контрастных групп в 4-х сериях эксперимента общей продолжительности фиксаций (в мс)

При этом если у дошкольников с нарушением слуха общая продолжительность фиксаций выше в 1-ой (4830,19±2420,89) и 4-ой (12701,12±8705,36) сериях эксперимента, то у типично развивающихся дошкольников продолжительность фиксаций выше во 2-ой (18867,51±7216,78) и 3-ей (13037,45±5294,63) сериях эксперимента.

Однако дошкольники с нарушением слуха во всех сериях эксперимента делают большее количество фиксаций, чем типично развивающиеся дошкольники (рис. 7).



Группа	1-е испытание	2-е испытание	3-е испытание	4-е испытание
типично развивающиеся дошкольники	18,94±7,84	38,83±12,84	25,87±9,49	33,07±14,70
дошкольники с нарушением слуха	11,83±5,78	1626,91±3119,24	1296,49±3001,13	31,17±19,32

Рис. 7. Сравнение контрастных групп в 4-х сериях эксперимента по общему количеству фиксаций

То есть если типично развивающиеся дошкольники делают более длительные фиксации, то дошкольники с нарушением слуха делают большее количество фиксаций во время выполнения учебного задания.

Однако если в 1-ой и 2-ой сериях эксперимента различия контрастных групп не столь очевидны, то во 2-ой и 3-ей сериях имеется значительное увеличение количества сделанных фиксаций у дошкольников с нарушением слуха.

Также для рассмотрения эквивалентности эффективности выполнения учебного задания при помощи Т-критерия Стьюдента (табл. 9) были проанализированы различия контрастных групп в результативности выполнения задания в 4-х сериях эксперимента.

В качестве эффективности выполнения учебного задания рассматривалось:

- количество заполненных фигур;
- ошибки: пропущенные фигуры, фигуры, заполненные не по правилу, неправильная последовательность заполнения фигур, действия не по инструкции, необходимость повторной инструкции.

Таблица 9
Сравнения эффективности выполнения задания контрастными группами в 4-х сериях эксперимента

Статистика группы		Т-критерий для равенства средних		
		t	ст.св.	Знач. (двухсторонняя)
Группа	Среднее± Среднекв. отклонение			
процент заполненных фигур – 1 испытание	типично развивающиеся дошкольники	5,51	22	0,00
	дошкольники с нарушением слуха			

ошибки заполнения фигур – 1 испытание	типично развивающиеся дошкольники	1,17±0,99	-1,27	23	0,022
	дошкольники с нарушением слуха	1,83±1,47			
процент заполненных фигур – 2 испытание	типично развивающиеся дошкольники	26,33±7,66	7,01	24	0,00
	дошкольники с нарушением слуха	3,83±2,14			
ошибки заполнения фигур – 2 испытание	типично развивающиеся дошкольники	0	-3,79	25	0,00
	дошкольники с нарушением слуха	1,50±1,76			
процент заполненных фигур – 3 испытание	типично развивающиеся дошкольники	24±5,99	8,82	26	0,00
	дошкольники с нарушением слуха	1,67±2,25			
ошибки заполнения фигур – 3 испытание	типично развивающиеся дошкольники	0,06±0,24	-2,41	27	0,02
	дошкольники с нарушением слуха	1,83±3,25			
процент заполненных фигур – 4 испытание	типично развивающиеся дошкольники	22,28±6,94	6,91	28	0,00
	дошкольники с нарушением слуха	2±2,53			
ошибки заполнения фигур – 4 испытание	типично развивающиеся дошкольники	0	-1,82	29	0,08
	дошкольники с нарушением слуха	0,50±1,22			

Во всех сериях эксперимента типично развивающиеся дети заполняют больше фигур, чем дошкольники с нарушением слуха (рис. 8).

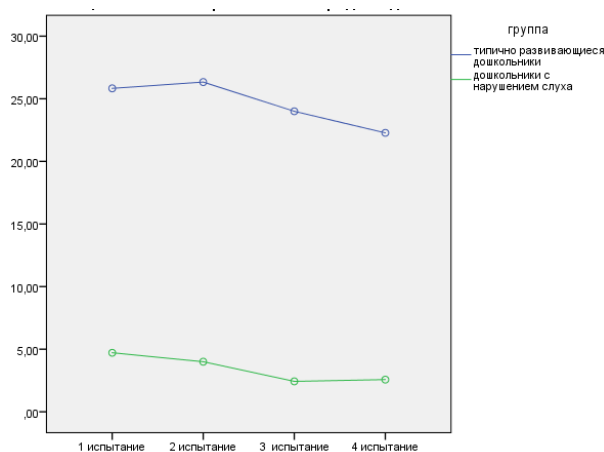


Рис. 8. Сравнение контрастных групп в 4-х сериях эксперимента по общему количеству заполненных фигур

При этом дошкольники с нарушением слуха делают больше ошибок во всех сериях эксперимента (рис. 9).

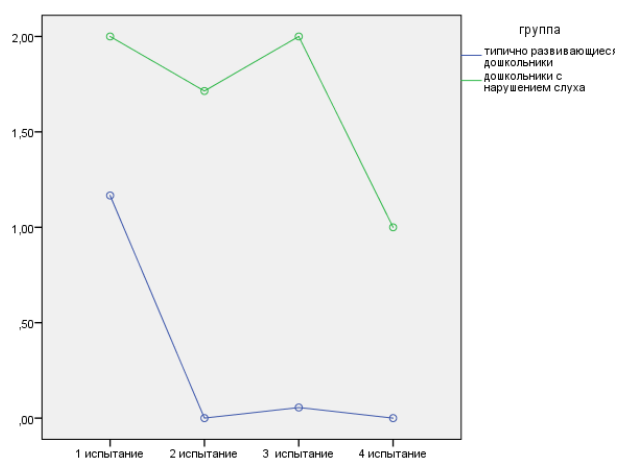


Рис. 9. Сравнение контрастных групп в 4-х сериях эксперимента по общему количеству ошибок

Можно прийти к выводу, что во всех 4-х сериях эксперимента вне зависимости от инструкции дошкольники с нарушением слуха были менее эффективны в выполнении задания, чем типично развивающиеся дошкольники. Однако разные формы переструктурировали восприятие детей с нарушением слуха по-разному, а именно: снижается ли фиксация на нецелевых стимулах, фиксация происходит быстрее или медленнее, снижается ли когнитивная сложность информации, будет ли фиксация дольше в целевых областях, возникает ли постоянное внимание и совместное внимание со взрослым. Для типично развивающихся школьников наиболее эффективной является 2-я серия эксперимента, где была словесная инструкция с сопровождением взрослым примера необходимого действия – заполнения «ключа» для ребенка: дольше фиксируются на целевых стимулах, быстрее фиксируется внимание (время до первой фиксации), целевые фиксации продолжительнее. Для дошкольников с нарушением слуха по этим параметрам эффективнее 4-я серия эксперимента, где была инструкция в виде демонстрации образца «ключа» без вербального сопровождения и без сопровождающего показа примера действий.

И обратно, 2-я серия эксперимента для детей с нарушением слуха оказывается, в отличие от типично развивающихся детей, менее эффективна: больше обращений к образцу, лицу взрослого за подсказкой, количество фиксаций увеличивается как параметр когнитивной сложности.

Обсуждение результатов

Для отображения трудностей обучения детей с нарушением слуха в эксперименте предполагалось варьировать условия наглядного представления (материализации) программы действий ребенка и особой организации совместной деятельности между детьми и взрослым, обеспечивающей переход в процессе обучения ребенка от совместного действия и его контроля к самостоятельному [1; 2].

Окуломоторную активность детей с нарушением слуха по сравнению с типично развивающимися сверстниками можно охарактеризовать существенным сокращением ориентировочных перцептивных действий: перцептивные действия детей с нарушением слуха носят свернутый характер по времени и не приводят к надежному выделению

релевантных задаче областей.

У детей с нарушением слуха меняется скорость обработки информации: фиксации меньшей продолжительностью и в релевантных, и в нерелевантных областях. В то время как типично развивающиеся дети более детально (по времени фиксации) обрабатывают информацию и в релевантных, и в нерелевантных областях. Типично развивающиеся дети быстрее начинают обрабатывать информацию после инструкции, а затем больше тратят времени на анализ образца, чаще обращаются к нему и фиксируются на целевой информации.

Разные формы инструкции по-разному организуют перцептивную деятельность типично развивающихся детей и детей с нарушением слуха, позволяют реструктурировать перцептивную деятельность ребенка с нарушением слуха и типично развивающихся детей, сфокусировав внимание на целевых стимулах, быстро выделить область выполнения учебного задания, сокращая тем самым время до первой фиксации. Однако этого достигают разные формы инструкции для контрастных групп.

Так, эффективным в процессе обучения детей с нарушением слуха для привлечения и регуляции внимания является одновременное использование мультимодальных (речевых и невербальных в форме демонстрации действия) средств для объяснения инструкции. Однако одновременное применение вербальной и невербальной инструкции намного эффективнее для типично развивающихся дошкольников. Наше исследование показывает, что наличие вербальной инструкции одновременно с сопровождением демонстрации действия привлекает внимание ребенка с нарушением слуха (увеличивая количество фиксации в выделенной области), но это еще не означает улучшения понимания и не является самым эффективным способом организации его внимания. В ходе коррекционной работы или обучения детей с нарушением слуха наиболее эффективными являются демонстрация образца, показ действия для поддержания контакта, использование специальных средств привлечения внимания к речи, к лицу взрослых и других детей, использование вариативных способов предъявления материала (показ, словесно-жестовая форма предъявления материала, оптимальное соотношение устной и письменной форм речи). Демонстрация образца и действий при этом не столь эффективна для типично развивающихся дошкольников, если исключить сочетание с речевой формой инструкции (напротив, на эффективность инструкции для детей с нарушением слуха влияет исключение сочетания с зрительным образцом). При этом чисто вербальная инструкция оказывается не столь эффективной для обеих групп.

Отмечается, что у ребенка с нарушением слуха при затруднении в учебном процессе будет частая фиксация внимания на лице, губах, мимике говорящего.

Также варьирование форм подачи инструкции взрослым позволило проследить, как организуется у детей с нарушением слуха переход от пошагового контроля к самостоятельному выполнению задания по образцу. Если сравнивать 4 этапа подачи инструкции, то при переходе от совместного к самостоятельному выполнению инструкции специфичным является то, что фиксации и в релевантных, и в нерелевантных областях сначала становятся более «свернутыми», сокращенными по времени, а затем при самостоятельном выполнении носят все более длительный характер. Дети с нарушением слуха быстрее концентрируются (до первой фиксации) на нецелевых стимулах, но в ходе

обучения эти фиксации на нецелевых стимулах становятся все меньшей продолжительности и происходят быстрее.

Выводы

Анализ специфики перцептивных действий в разных областях позволяет объяснить особенности глазодвигательной активности у детей с нарушением слуха и типично развивающихся детей в процессе обучения.

В ходе эксперимента удалось выявить специфические отличия детей с нарушением слуха от типично развивающихся детей, восприятие ими разных форм обучающих инструкций, а также проследить специфику окулomotorной активности детей с нарушением слуха при переходе от совместного со взрослым к самостоятельному выполнению действия.

В процессе обучения у детей с нарушением слуха обнаружены следующие особенности:

- Увеличение продолжительности и снижение количества фиксаций можно рассматривать как меру снижения скорости обработки информации, а также как неустойчивую вовлеченность внимания ребенка с нарушением слуха в процесс обучения.

- Снижение времени фиксации на целевые стимулы также говорит о когнитивной сложности обработки информации в ходе обучения, о снижении вовлеченности внимания ребенка с нарушением слуха.

- Уменьшается временной период, когда глаза ребенка сосредоточены на целевом объекте. В том числе у детей с нарушением слуха снижаются время и количество фиксаций на образце с заданием.

- Снижается количество фиксаций, которые свидетельствуют об устойчивом поддержании совместного внимания – это фиксации длительностью 300-500 мс.

Но при разной форме инструкции эти особенности перцептивной деятельности можно переструктурировать и сделать визуальное внимание дошкольника с нарушением слуха наиболее эффективным для выполнения учебной задачи.

Литература

1. *Выготский Л.С.* История развития высших психических функций // Собр. соч.: в 6 т. Т. 3. М.: Педагогика, 1983. С. 5–328.
2. *Гальперин П.Я.* Лекции по психологии: учеб. пособие для студентов вузов. М.: Университет, Высшая школа, 2002. 400 с.
3. *Гиппенрейтер Ю.Б.* Движения человеческого глаза. М.: Изд-во МГУ, 1978. 256 с.
4. *Восприятие и действие / А.В. Запорожец [и др.].* М.: Просвещение, 1967. 323 с.
5. *Кричвец А.Н., Шварц А.Ю., Чумаченко Д.В.* Перцептивные действия у учащихся и экспертов при использовании визуальной математической модели // Психология. Журнал высшей школы экономики. 2014. № 3. С. 55–78.
6. *Оценка степени сформированности навыков и компетенций на основе вероятностных распределений глазодвигательной активности / Л.С. Куравский [и др.]* // Вопросы психологии. 2013. № 5. С. 1–17.
7. *Чумаченко Д.В., Шварц А.Ю.* Проблема трансформации перцептивных процессов в ходе обучения: анализ исследований, выполненных методом записи движений глаз, с позиций деятельностного подхода // Психологические исследования. 2016. Т. 9. № 49. С. 12.
8. *Ярбус А.Л.* Роль движений глаз в процессе зрения. М.: Наука, 1965. 166 с.

9. Action prediction during real-time parent-infant interactions / C. Monroy [et al.] // *Development Science*. 2021. Vol. 24: e13042. DOI:10.1111/desc.13042
10. Chen C.-h., Houston D.M., Yu C. Parent-Child Joint Behaviors in Novel Object Play Create High-Quality Data for Word Learning // *Child Development*. 2021. Vol. 92. I. 5. P. 1889–1905. DOI:10.1111/cdev.13620
11. Deaf Children Attending Different School Environments: Sign Language Abilities and Theory of Mind / E. Tomasuolo [et al.] // *The Journal of Deaf Studies and Deaf Education*. 2013. Vol. 18(1). P. 12–29. DOI:10.1093/deafed/ens035
12. Demareva V.A., Polevaya S.A. Searching for psychophysiological markers of foreign language proficiency: Evidence from eye tracking // *International Journal of Psychophysiology*. 2012. Vol. 85(3). P. 392.
13. Effects of children's hearing loss on the synchrony between parents' object naming and children's attention / Chen C.-h. [et al.] // *Infant Behavior and Development*. 2019. Vol. 57. e101322. DOI:10.1016/j.infbeh.2019.04.004
14. Embodied cognition in prelingually deaf children with cochlear implants: Preliminary findings – Evidence-based practices in deaf education / I. Castellanos [et al.] // *Teaching Deaf Students: New Perspectives* / ed. by H. Knoors, M. Marschark. Great Britain: Oxford University Press, 2018. P. 1–30.
15. Epelboim J., Suppes P. A model of eye movements and visual working memory during problem solving in geometry // *Vision Research*. 2001. Vol. 41. P. 1561–1574.
16. Extending multimedia research: How do prerequisite knowledge and reading comprehension affect learning from text and pictures / K. Scheiter [et al.] // *Computers in Human Behavior*. 2014. Vol. 31. P. 73–84. DOI:10.1016/j.chb.2013.09.022
17. Haider H., Frensch P.A. Eye movement during skill acquisition: More evidence for the information-reduction hypothesis // *Journal of Experimental Psychology: Learning, Memory and Cognition*. 1999. Vol. 25. P. 172–190.
18. How students read mathematical representations: an eye tracking study. Proceedings of 33rd Conference of the International Group for the Psychology of Mathematics / C. Andrà [et al.]. Greece: Aristotle University of Thessaloniki & University of Macedonia, Thessaloniki, 2009. Vol. 2. P. 123–131.
19. Inglis M., Alcock L. Expert and novice approaches to reading mathematical proofs // *Journal for Research in Mathematics Education*. 2012. Vol. 43(4). P. 358–390.
20. Monroy C., Houston D., Yu C. Joint Action in Deaf and Hearing Toddlers: A Mobile Eye-Tracking Study // Proceedings of the Annual Meeting of the Cognitive Science Society. 2021. Vol. 43. P. 2794–2800. URL: <https://scholarship.org/uc/item/77z4h6rx> (дата обращения: 27.05.2021).
21. Mundy P. A manual for the Abridged Early Social Communication Scales (ESCS). Miami: University of Miami Psychology Department, 2003. 65 p.
22. Mundy P. A Review of Joint Attention and Social-Cognitive Brain Systems in Typical Development and Autism Spectrum Disorder // *European Journal of Neuroscience*. 2017. Vol. 47. P. 1–18.
23. Musselman C., Churchill A. The Effects of Maternal Conversational Control On the Language and Social Development of Deaf Children // *Journal of Childhood Communication Disorders*. 1992. Vol. 14(2). P. 99–117. DOI:10.1177/152574019201400201

24. *Peters M.* Parsing mathematical constructs: Results from a preliminary eye tracking study // *Proceedings of the British Society for Research into Learning Mathematics*. 2010. Vol. 30(2). P. 47–52.
25. *Schmidt-Weigand F., Kohnert A., Glowalla U.* Explaining the modality and contiguity effects: new insights from investigating students' viewing behavior // *Applied Cognitive Psychology*. 2010. Vol. 24. P. 226–237.
26. *Shvarts A., Abrahamson D.* Dual-eye-tracking Vygotsky: A microgenetic account of a teaching/learning collaboration in an embodied-interaction technological tutorial for mathematics // *Learning, Culture and Social Interaction*. 2019. Vol. 22. P. 100316. DOI:10.1016/j.lcsi.2019.05.003
27. *Shvarts A., Krichevets A.* The perception of the number line by adults and preschoolers: eye-movements during the teaching process // *Abstracts of the 18th European Conference on Eye Movements*. Vienna. *Journal of Eye Movement Research / T. Ditye, H. Leder, A. Florack (eds.)*. 2015. Vol. 8(4). P. 37.
28. *Smith* Sustained visual attention is more than seeing / *Lei Yuan [et al.] // Journal of Experimental Child Psychology*. 2019. Vol. 179. P. 324–336. DOI:10.1016/j.jecp.2018.11.020
29. *Vonder Embse C.B.* An eye fixation study of time factors comparing experts and novices when reading and interpreting mathematical graphs: PhD dissertation. The Ohio State University, 1987. 154 p. URL: <http://eric.ed.gov/?id=ED283672> (дата обращения: 27.05.2021).
30. What leads to coordinated attention in parent–toddler interactions? Children's hearing status matters / *Chen C.-h. [et al.] // Development Science*. 2020. Vol. 23. I. 3. e12919. DOI:10.1111/desc.12919
31. *Yu C., Smith L.B.* Multiple sensory-motor pathways lead to coordinated visual attention // *Cognitive science*. 2017. Vol. 41. P. 5–31. DOI:10.1111/cogs.12366

References

1. *Vygotskii L.S.* Istoriya razvitiya vysshikh psikhicheskikh funktsii [History of the development of higher mental functions]. *Sobr. soch.* Vol. 6, no. 3. Moscow: Pedagogika, 1983. 328 p. (In Russ.).
2. *Gal'perin P.YA.* Lektsii po psikhologii: ucheb. posobie dlya studentov vuzov [Lectures on psychology: textbook. manual for university students]. Moscow: Universitet, Vysshaya shkola, 2002. 400 p. (In Russ.).
3. *Gippenreiter YU.B.* Dvizheniya chelovecheskogo glaza [Human eye movements]. Moscow: Izd-vo MGU, 1978. 256 p (In Russ.).
4. *Zaporozhec A.V.* Vospriyatie i deistvie [Perception and action]. Moscow: Prosveshchenie, 1967, pp. 100-250 (In Russ.).
5. *Krichivets A.N., Shvarts A.YU., Chumachenko D.V.* Pertseptivnye deistviya uchashchikhsya i ehksperimentov pri ispol'zovanii vizual'noi matematicheskoi modeli [Perceptual actions of students and experts when using a visual mathematical model]. *Psikhologiya. Zhurnal vysshei shkoly ehkonomiki [Psychology. Journal of the Higher School of Economics]*, 2014. Vol. 3, pp. 55-78. (In Russ.).
6. *Kuravskii L.S. (ed.)*, Otsenka stepeni sformirovannosti navykov i kompetentsii na osnove veroyatnostnykh raspredelenii glazodvigatel'noi aktivnosti [Assessment of the degree of formation of skills and competencies on the basis of probabilistic distributions of oculomotor activity]. *Voprosy psikhologii [Questions of psychology]*, 2013. Vol. 5, pp. 1-17. (In Russ.).

7. Chumachenko D.V., Shvarts A.YU. Problema transformatsii pertseptivnykh protsessov v khode obucheniya: analiz issledovaniy, vypolnennykh metodom zapisi dvizhenii glaz, s pozitsii deyatel'nostnogo podkhoda [The problem of transformation of perceptual processes during training: analysis of research carried out by the method of recording eye movements from the standpoint of the activity approach]. *Psikhologicheskie issledovaniya [Psychological research]*, 2016. Vol. 9, no. 49, pp. 12. (In Russ.).
8. Yarbus A.L. Rol' dvizhenii glaz v protsesse zreniya [The role of eye movements in the process of vision]. Moscow: Nauka, 1965. 166 p. (In Russ.).
9. Action prediction during real-time parent-infant interactions. In Monroy C. (ed.), *Development Science*, 2021. Vol. 24, pp. e13042. DOI:10.1111/desc.13042
10. Chen C.-h., Houston D.M., Yu C. Parent-Child Joint Behaviors in Novel Object Play Create High-Quality Data for Word Learning. *Child Development*, 2021. Vol. 92, no. 5, pp. 1889-1905. DOI:10.1111/cdev.13620
11. Tomasuolo E. [et al.]. Deaf Children Attending Different School Environments: Sign Language Abilities and Theory of Mind. *The Journal of Deaf Studies and Deaf Education*, 2013. Vol. 18, no. 1, pp. 12-29. DOI:10.1093/deafed/ens035
12. Demareva V.A., Polevaya S.A. Searching for psychophysiological markers of foreign language proficiency: Evidence from eye tracking. *International Journal of Psychophysiology*, 2012. Vol. 85, no. 3, pp. 392.
13. Chen C.-h. [et al.]. Effects of children's hearing loss on the synchrony between parents' object naming and children's attention]. *Infant Behavior and Development*, 2019. Vol. 57. e101322. ISSN 0163-6383. DOI:10.1016/j.infbeh.2019.04.004.
14. Castellanos I. [et al.]. Embodied cognition in prelingually deaf children with cochlear implants: Preliminary findings – Evidence-based practices in deaf education. In H. Knoors, M. Marschark (eds). *Teaching Deaf Students: New Perspectives*. Great Britain: Oxford University Press, 2018, pp. 1-30.
15. Epelboim J., Suppes P.A. model of eye movements and visual working memory during problem solving in geometry. *Vision Research*, 2001. Vol. 41, pp. 1561-1574.
16. Scheiter K. [et al.]. Extending multimedia research: How do prerequisite knowledge and reading comprehension affect learning from text and pictures. *Computers in Human Behavior*, 2014. Vol. 31, pp. 73-84. DOI:10.1016/j.chb.2013.09.022
17. Haider H., Frensch P.A. Eye movement during skill acquisition: More evidence for the information-reduction hypothesis. *Journal of Experimental Psychology: Learning, Memory and Cognition*, 1999. Vol. 25, pp. 172-190.
18. Andrà C. [et al.]. How students read mathematical representations: an eye tracking study. Proceedings of 33rd Conference of the International Group for the Psychology of Mathematics. Greece: Aristotle University of Thessaloniki & University of Macedonia, Thessaloniki, 2009. Vol. 2, pp. 123-131.
19. Inglis M., Alcock L. Expert and novice approaches to reading mathematical proofs. *Journal for Research in Mathematics Education*, 2012. Vol. 43, no. 4, pp. 358-390.
20. Monroy C., Houston D., Yu C. Joint Action in Deaf and Hearing Toddlers: A Mobile Eye-Tracking Study. *Proceedings of the Annual Meeting of the Cognitive Science Society*, 2021. Vol. 43, pp. 2794-2800. URL: <https://escholarship.org/uc/item/77z4h6rx> (Accessed 27.05.2021).

21. Mundy P. A manual for the Abridged Early Social Communication Scales (ESCS). Miami: University of Miami Psychology Department, 2003. 65 p.
22. Mundy P. A Review of Joint Attention and Social-Cognitive Brain Systems in Typical Development and Autism Spectrum Disorder. *European Journal of Neuroscience*, 2017. Vol. 47, pp. 1-18.
23. Musselman C., Churchill A. The Effects of Maternal Conversational Control On the Language and Social Development of Deaf Children. *Journal of Childhood Communication Disorders*, 1992. Vol. 14, no. 2, pp. 99-117. DOI:10.1177/152574019201400201
24. Peters M. Parsing mathematical constructs: Results from a preliminary eye tracking study. *Proceedings of the British Society for Research into Learning Mathematics*, 2010. Vol. 30, no. 2, pp. 47-52.
25. Schmidt-Weigand F., Kohnert A., Glowalla U. Explaining the modality and contiguity effects: new insights from investigating students' viewing behavior. *Applied Cognitive Psychology*, 2010. Vol. 24, pp. 226-237.
26. Shvarts A., Abrahamson D. Dual-eye-tracking Vygotsky: A microgenetic account of a teaching/learning collaboration in an embodied-interaction technological tutorial for mathematics. *Learning, Culture and Social Interaction*, 2019. Vol. 22, pp. 100316 DOI:10.1016/j.lcsi.2019.05.003.
27. Shvarts A., Krichevets A. The perception of the number line by adults and preschoolers: eye-movements during the teaching process. In T. Ditye, H. Leder, A. Florack, (eds.), *Abstracts of the 18th European Conference on Eye Movements. Vienna. Journal of Eye Movement Research*, 2015. Vol. 8, no. 4, pp. 37.
28. Lei Yuan [et al.]. Smith Sustained visual attention is more than seeing. *Journal of Experimental Child Psychology*, 2019. Vol. 179, pp. 324-336. DOI:10.1016/j.jecp.2018.11.020
29. Vonder Embse C.B. An eye fixation study of time factors comparing experts and novices when reading and interpreting mathematical graphs: PhD dissertation. The Ohio State University, 1987. 154 p. URL: <http://eric.ed.gov/?id=ED283672> (Accessed 27.05.2021).
30. Chen C.-h. [et al.]. What leads to coordinated attention in parent-toddler interactions? Children's hearing status matters. *Development Science*, 2020. Vol. 23, no. 3, e12919. h DOI:10.1111/desc.12919
31. Yu C., Smith L.B. Multiple sensory-motor pathways lead to coordinated visual attention. *Cognitive science*, 2017. Vol. 41, pp. 5–31. DOI:0.1111/cogs.12366

Информация об авторах

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

Смирнова Я.К.

Айтрекинг исследование трудностей обучения детей
с нарушением слуха
Психолого-педагогические исследования. 2023.
Том 15. № 2. С. 131–154.

Smirnova Y.K.

Eye Tracking Research On Learning Difficulties For
Children With Hearing Impairments
Psychological and pedagogical research. 2023.
Vol. 15, no. 2, pp. 131–154.

Information about the authors

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

Получена 28.10.2022

Принята в печать 10.06.2023

Received 28.10.2022

Accepted 10.06.2023