
ОБЩАЯ ПСИХОЛОГИЯ GENERAL PSYCHOLOGY

Развитие когнитивных функций детей с помощью методик, использующих видеоокулографию

Ребрейкина А.Б.

*Институт высшей нервной деятельности и нейрофизиологии Российской академии наук
(ФГБУН ИВНД и НФ РАН), г. Москва, Российская Федерация
ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-5714-2040>, e-mail: anna.rebreikina@gmail.com*

Левкович К.М.

*Институт высшей нервной деятельности и нейрофизиологии Российской академии наук
(ФГБУН ИВНД и НФ РАН), г. Москва, Российская Федерация
ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-1016-2703>, e-mail: kliaukovich@ihna.ru*

Активное развитие метода видеоокулографии, т. е. регистрации движений глаз, создает возможности для создания новых подходов для развития когнитивных функций и обучения. Методики, основанные на видеоокулографии, могут быть полезны не только для детей с серьезными нарушениями моторных функций, но и детей с нарушениями развития когнитивных функций, прежде всего внимания, так как контроль движений глаз тесно связан с вниманием. Интерактивная обратная связь ребенку, зависящая от точности взгляда, играет ключевую роль в повышении эффективности методик, направленных на улучшение внимания. В настоящей работе мы описываем исследования эффективности применения развивающих методик, основанных на видеоокулографии у младенцев (здоровых и различных групп риска нарушения развития когнитивных функций) и у детей с нарушениями развития (аутизм, синдром Ретта, синдром гиперактивности и дефицита внимания). Практически во всех рассмотренных работах были выявлены положительные эффекты тренировок, улучшились как выполнение самих заданий, так и те или иные показатели внимания, прежде всего его устойчивость. В ряде работ был выявлен перенос эффекта обучения на нетренированные функции, что является важным показателем эффективности развивающих методик. Все это свидетельствует о перспективности разработок в данном направлении. Тем не менее, остается много открытых вопросов, таких как подбор и создание наиболее эффективных заданий, определение оптимальной частоты и продолжительности тренировок для различных клинических групп.

Ключевые слова: видеоокулография, айттрекинг, внимание, когнитивные функции, развитие, СДВГ, РАС, синдром Ретта.

Финансирование. Исследование выполнено за счет гранта Российского научного фонда № 23-28-01668, <https://rscf.ru/project/23-28-01668>

Для цитаты: Ребрейкина А.Б., Левкович К.М. Развитие когнитивных функций детей с помощью методик, использующих видеоокулографию [Электронный ресурс] // Современная зарубежная психология. 2023. Том 12. № 4. С. 51—61. DOI: <https://doi.org/10.17759/jmfp.2023120405>

Training Children's Cognitive Functions Using Eye-Tracking Technology

Anna B. Rebreikina

Institute of Higher Nervous Activity and Neurophysiology of RAS, Moscow, Russia
ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-5714-2040>, e-mail: anna.rebreikina@gmail.com

Krystsina M. Liukovich

Institute of Higher Nervous Activity and Neurophysiology of RAS, Moscow, Russia
ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-1016-2703>, e-mail: kliukovich@ihna.ru

The active development of eye-tracking, that is, recording of eye movements, gives opportunities for the creation of new approaches to the improving of cognitive functions and learning. Eye-tracking based methods can be useful not only for children with impaired motor and speech functions, but also for children with attention disorders, since gaze control is closely related to attention. Feedback from the gaze accuracy can improve the effectiveness of attention training techniques. In this paper, we describe studies of the effectiveness of the use of correctional techniques based on eye-tracking in infants (healthy group and groups with various risks for cognitive impairment) and in children with developmental disorders (autism, Rett syndrome, attention deficit hyperactivity disorder). In almost all of the studies reviewed, positive effects of training were observed, i. e. both the productivity of the tasks performance and sustained attention were improved. A number of studies have revealed the transfer of the training effect to untrained functions, which is an important indicator of the effectiveness of correction techniques. All this indicates the perspective of development in this direction. However, much work is to be done, such as selecting and creating the most effective tasks, determining the optimal frequency and duration of training for different clinical groups.

Keywords: eye-tracking, attention, cognitive functions, development, ADHD, ASD, Rett syndrome.

Funding. The reported study was funded by Russian Science Foundation, project number 23-28-01668, <https://rscf.ru/project/23-28-01668>

For citation: Rebreikina A.B., Liukovich K.M. Training Children's Cognitive Functions Using Eye-Tracking Technology. *Sovremennaya zarubezhnaya psikhologiya = Journal of Modern Foreign Psychology*, 2023. Vol. 12, no. 4, pp. 51—61. DOI: <https://doi.org/10.17759/jmfp.2023120405> (In Russ.).

Введение

Развитие современных технологий приносит новые возможности и подходы, которые могут повысить эффективность обучения и развития детей. Одной из таких перспективных технологий является айтрекинг (видеоокулография), с помощью которого регистрируются движения глаз человека. В образовательно-педагогических целях айтрекинг используется чаще всего в средствах альтернативной коммуникации для людей с сильно ограниченными моторными и речевыми функциями. Однако айтрекинг в обучении имеет возможности более широкого применения, чем альтернативная коммуникация. В последние годы ведутся исследования по разработке методик с использованием айтрекинга для развития когнитивных функций, прежде всего внимания, у детей разных групп: у младенцев из групп риска развития нарушений когнитивных функций, у детей с серьезными нарушениями моторных и речевых функций, детей с синдромом гиперактивности и дефицита внимания, с нарушениями усвоения школьных навыков. Надо отметить, что для детей с тяжелыми нарушениями развития подобные методики могут являться подготовительной базой для обучения использованию средств альтернативной коммуникации, так как зачастую

такие дети имеют проблемы с вниманием и когнитивным контролем, с пониманием причинно-следственных связей между взглядом и коммуникативным актом, плохо фокусируют взгляд на экране.

Взгляд человека отражает различные характеристики зрительного внимания, такие как фиксирование на объекте, мониторинг изменений окружающей среды, переключение на новые объекты, игнорирование нерелевантной информации, поисковая активность. Внимание является важнейшей когнитивной способностью, необходимой для развития многих других познавательных процессов, таких как память, обучение, решение задач, принятие решений [18; 22], и ранние дефициты внимания могут привести к каскадным нарушениям последующего обучения [1]. Предыдущие исследования показали эффективность методик тренировки внимания (без применения айтрекинга), при этом большие улучшения отмечались для адаптивных методик (т. е. с изменяющимся уровнем сложности в зависимости от выполнения) при их использовании у более молодых участников [21]. Все это позволяет предположить, что методики, использующие движения глаз и дающие обратную связь участникам в режиме реального времени, могут быть наиболее эффективными для развития внимания у детей и предоставляют возможность их применения у более широкого круга

лиц, чем применение методик, требующих моторного ответа и умения следовать инструкции.

Исследований, посвященных проблеме разработки и оценки эффективности развивающих методик с использованием видеоокулографии, относительно немного. Систематический обзор 2022 года Л. Карелли с соавторами [15] выявил 24 работы по данной проблематике, из которых только 14 посвящены детям. Основное внимание в данном обзоре было уделено описанию сферы применения и эффективности таких методов у детей и взрослых. В нашей работе мы более детально остановимся на основных подходах, самих заданиях, используемых в тренировках, и результатах их применения у детей, рассмотрим преимущества и ограничения их применения, что является важным для дальнейших работ в данном направлении.

Младенцы

Исследования, направленные на развитие коррекционных методик для младенцев, исходят из тех предположений, что раннее вмешательство может более эффективно предотвращать проблемы развития у детей группы риска (недоношенность, семейный риск синдрома дефицита внимания и гиперактивности (СДВГ) и т. п.), чем в более старшем возрасте, так как нейропластичность в младшем возрасте выше [16]. Так, например, тренировка внимания у взрослых зачастую не сопровождается переносом тренированных навыков на другие задачи, тогда как в дошкольном возрасте наблюдается влияние тренировки на другие когнитивные функции [28]. Учитывая то, что внимание является основополагающим для развития более сложных когнитивных процессов и обучения, методы ранней интервенции могут быть особо актуальны для групп риска возникновения нарушений развития, например в случаях семейных нарушений развития, врожденных неврологических заболеваниях, глубокой недоношенности.

Исследованиями в области разработки методик для тренировки внимания с использованием айтрекинга у маленьких детей активно занимается группа исследователей из Великобритании [3; 4; 26; 27; 28]. Первая работа этого направления, описывающая программу когнитивной тренировки внимания (Attention control training — АСТ) у группы здоровых младенцев, была опубликована в 2011 году С. Васс с коллегами [28].

Мы коротко опишем задания, использованные в данной программе, так как они легли в основу последующих исследований, как в группах здоровых младенцев [19; 29], так и в группах детей с рисками нарушений развития: сильно недоношенных младенцев [3; 25; 27], младенцев с семейным риском развития СДВГ (младенцев, имеющих близких родственников с диагнозом СДВГ) [4; 16], у младенцев из семей с низким социальным статусом [2], а также у более старших детей с аутизмом [12]. В играх данной программы мультипликационные объекты на экране интерактив-

но двигались и изменялись в ответ на направление взгляда ребенка, формируя у него понимание связи между взглядом и событием на экране. Айтрекер передавал в реальном времени информацию о направлении взгляда на компьютер, который адаптивно генерировал на ее основе дальнейшие изображения на экране. При правильном выполнении задания ребенку показывалась подкрепляющая анимация, стимулируя ребенка использовать внимание разнообразными способами, соответствующими заданию.

Обучение состояло из четырех типов заданий, сложность которых адаптивно менялась в зависимости от успешности их выполнения. Первое задание было направлено на тренировку избирательного устойчивого внимания и когнитивного контроля (игнорирование отвлекающих факторов). На экране была представлена целевая картинка (бабочка). Когда младенец фиксировал на ней взгляд, бабочка «летала» по экрану, а отвлекающие изображения, дистракторы, двигались по экрану в обратном направлении. Если ребенок смотрел на один из дистракторов, они исчезали, а на экране оставалась только неподвижная цель. После повторной фиксации взглядом цели она начинала движение, а отвлекающие факторы снова появлялись и продолжали движение. При усложнении задания количество дистракторов и их размер увеличивались, их движение становилось быстрее.

Второе задание было нацелено на развитие поисковой активности и когнитивного контроля. На неподвижном, богатом деталями фоне экрана предьявлялись целевое изображение и 8 отвлекающих рисунков-дистракторов меньшего размера. Если ребенок фиксировал взгляд на цели в течение трех секунд, то ему показывалась анимация. Цель менялась от испытания к испытанию, привлекательность дистракторов изменялась адаптивно (при усложнении задания дистракторы двигались или менялись в размерах).

Третье задание было направлено на тренировку зрительно-пространственной рабочей памяти. На экране предьявляли изображения окон, в одном из которых находилось животное, при фиксации взгляда на нем, животное исчезало. После этого в другом месте экрана ненадолго предьявлялась фиксационная цель для отвлечения внимания и перевода взгляда от окна с исчезнувшим животным. Если затем ребенок смотрел на окно, за которым исчезло животное, ему в качестве награды показывали анимацию. Количество окон, заметность отвлекающих факторов и продолжительность задержки взгляда, необходимая для получения награды, менялись адаптивно.

Четвертое задание направлено на развитие переключения внимания, зрительного поиска, когнитивного контроля. Целевое изображение предьявлялось с одним или несколькими отвлекающими элементами одинакового размера. Когда младенец смотрел на цель, ему показывали анимацию в качестве награды. Затем та же цель была повторно представлена с одним или несколькими другими отвлекающими изображениями.

Если младенец успешно зафиксировал свой взгляд на цели в отведенное время, он получал в награду анимацию, если нет, то проба сбрасывалась. Количество отвлекающих элементов варьировалось адаптивно. После 28 испытаний цель изменялась.

Контрольные группы детей в этих исследованиях смотрели телевизионные клипы и анимационные ролики сопоставимое тренировкам время. Для оценки эффективности обучения фиксировали изменение производительности выполнения заданий (т. е. то, на какой адаптивный уровень сложности продвигался ребенок при выполнении задания), а также использовали видеоокулографические тесты, направленные на оценку когнитивного контроля, устойчивости, переключения и отключения (отрыва взгляда от объекта) внимания, а также рабочей памяти. Оцениваемые параметры эффективности обучения, суммарная продолжительность, количество и частота тренировочных сессий различались в разных исследованиях. Число тренировочных сессий было небольшим, составляло от четырех до девяти встреч на протяжении от двух недель до трех месяцев. Каждая тренировочная сессия, во время которой демонстрировались все четыре задания, длилась до тех пор, пока младенец проявлял интерес к игре, и обычно составляла от 10 до 25 минут.

Результаты исследований в группах здоровых младенцев 9 и 11—12 месяцев [13; 19; 28; 29], а также младенцев из семей с низким социально-экономическим статусом [2] выявили положительные эффекты тренировок, отмечалось улучшение когнитивного контроля и устойчивого внимания, сокращение времени саккадической реакции, наблюдалось уменьшение латентности для отключения зрительного внимания. Улучшилась производительность выполнения заданий: значимо повышался адаптивный уровень сложности заданий, направленных на поиск изменяющейся цели, переключение внимания, когнитивный контроль и рабочую память. Улучшение устойчивого внимания и обучения последовательностям сохранялось через шесть недель после окончания тренировок [19; 29]. В исследовании девятимесячных детей был выявлен перенос эффектов тренировок на более сложные социальные и когнитивные навыки, улучшилось реагирование на сигналы социальной коммуникации взрослого, что свидетельствует о связи социально-коммуникативных навыков с навыками внимания [13].

У глубоко недоношенных младенцев в возрасте 12-ти месяцев после прохождения курса занятий также наблюдалось улучшение производительности выполнения задач, зрительной памяти и внимания к менее заметным стимулам, наблюдалось умеренное улучшение концентрации внимания во время натуралистических задач и в направлении младенцами внимания других людей на объекты, но улучшения разъединения (отвлечения) внимания не было выявлено [3; 25; 27].

Однако исследование младенцев (в возрасте 12 месяцев) с семейным риском СДВГ [4; 16], не выявило значимого эффекта тренировки в эксперимен-

тальной группе по сравнению с группой контроля. Надо отметить, что в данном исследовании тренировки проводились с меньшей частотой и в более продолжительный интервал времени, чем в других аналогичных исследованиях (9 сессий в течение 93 дней), что могло повлиять на их эффективность.

Таким образом, исследования в группе младенцев в основном показали положительное влияние тренировок на внимание и выполнение самих тренировочных заданий, что свидетельствует о том, что младенцы начинали более гибко использовать свое внимание для решения разных задач. Тем не менее не все исследования выявили положительные эффекты тренировок. Остаются открытыми вопросы о том, какие частота и продолжительность занятий являются наиболее эффективными, насколько разнообразными должны быть игры, какие игры являются наиболее привлекательными для младенцев и при этом наиболее эффективными для развития когнитивных функций, кроме того, требуется разработка единых критериев оценки результатов применения подобных развивающих методик и изучение отсроченных эффектов тренировок.

Дети с расстройством аутистического спектра

У детей с расстройством аутистического спектра (РАС) отмечаются изменения внимания и произвольного контроля, как при восприятии социальных, так и не социальных ситуаций. Так, у 7-месячных младенцев, у которых позже в возрасте 25 месяцев проявились симптомы РАС, была обнаружена более длительная латентность возникновения ориентировочной реакции (более медленное «отключение» от объекта) [30]. Было предположено, что тренировки с помощью айтрекинга могут улучшить внимание, приблизив его характеристики к таковым у здоровых детей.

Исследование тренировки внимания с помощью айтрекинга у детей с аутизмом 3—9 лет по вышеописанному в работе С. Васс с коллегами протоколу [28] выявило улучшения устойчивости зрительного внимания, в том числе и в нетренированных заданиях — дети стали больше времени уделять рассматриванию интересных, богатых деталями объектов [12]. У детей данной группы в среднем было проведено 6 тренировочных сессий по два раза в неделю, каждая продолжительностью около 20 минут, занятия проводились до тех пор, пока суммарно не набиралось 120 минут тренировок (24—59 дней от первого до последнего занятия, в среднем 41,2 дня). Также после курса занятий на уровне тенденции наблюдались изменения в скорости отключения зрительного внимания от объекта, но переноса эффекта тренировок на такие нетренированные функции, как время саккадической реакции и упреждающее внимание, не было. Авторы отмечают ряд сложностей, с которыми столкнулись в работе: для некоторых детей с РАС учебные задания были слишком простыми, для других слишком трудными, либо

недостаточно интересными, что могло быть связано, в том числе, с неоднородностью выборки детей с РАС. Кроме того, качество получаемых данных у детей с РАС было хуже, по сравнению с качеством данных, полученных в исследованиях в группе младенцев, что частично могло быть связано с тем, что исследование проводилось в школе, а не в лаборатории или дома.

Другой подход был использован в исследовании К. Ванг с коллегами [23], в котором была продемонстрирована возможность развития у детей с РАС паттернов взгляда на социально значимые объекты, свойственных здоровым детям. В тренируемой группе детей с РАС воспринимаемая сцена менялась путем алгоритмического перенаправления внимания при отклонении взгляда от «тепловой карты взгляда», соответствующей детям с типичным развитием. В фильмах с «подсказками» исходная сцена сохранялась, если взгляд ребенка соответствовал нормативным моделям взгляда (т. е. ребенок смотрел в те же области изображения, что и большинство здоровых детей); при отклонении взгляда ребенка от такой нормативной модели происходило затемнение областей за пределами нормативной тепловой карты, что приводило к возвращению внимания к «нормативным» областям. Даже после кратковременной однократной тренировки наблюдалось увеличение времени просмотра лиц. Кроме того, у детей нетренированной группы (смотревшей обычные видеоролики) снижалось время внимания к лицам в процессе просмотра серии видеороликов, тогда как в тренированной группе оно оставалось стабильным на протяжении всего просмотра, как и у нормотипичных детей. Таким образом, алгоритмическое перенаправление взгляда к лицам способствовало увеличению внимания к ним при последующих просмотрах видеороликов без применения алгоритмического изменения. Интересно, что больший эффект обучения наблюдался у детей с более низкими невербальными способностями. Поэтому возникло предположение, что подход, основанный на интерактивном учете направления взгляда, может быть особенно актуален для детей с более выраженными когнитивными нарушениями.

Синдром Ретта

Синдром Ретта — заболевание, имеющее генетическую основу и наблюдающееся преимущественно у девочек, характеризуется ранним неврологическим регрессом, который серьезно влияет на двигательные, когнитивные и коммуникативные навыки, вегетативной дисфункцией. Чаще всего при синдроме Ретта наблюдаются задержка приобретения новых навыков, отсутствие речи, аутистические признаки, потеря навыков целенаправленного манипулирования, возникают стереотипные движения рук. Тем не менее, хороший зрительный контакт и указывающий взгляд сохраняются у детей даже при тяжелых нарушениях. Исследования показали, что девочки с синдромом Ретта могут доволь-

но успешно использовать айтрекер при социальных взаимодействиях в процессе онлайн-уроков [24; 26]. Семьи, использовавшие айтрекер для альтернативной коммуникации, также отмечали прогресс в навыках ребенка [8]. Все это указывает на перспективность использования айтрекинга для развития когнитивных функций и коммуникации при синдроме Ретта.

Р. Фабио с коллегами [9] изучали влияние на внимание и мотивацию игр, предустановленных на айтрекере Tobii Series-I eye-tracker. Тридцать человек (от 2 до 33 лет, средний возраст — 12,10 лет, SD = 8,70) с синдромом Ретта прошли курс 30-минутных занятий, проводившихся пять дней в неделю на протяжении четырех месяцев. Используемые игры постепенно усложнялись по мере их освоения, начиная от простого обучения взгляду на экран, формирования понимания того, что когда смотришь на экран, на нем что-то происходит, до более точного, контролируемого фокусирования на целевом объекте, активной исследовательской активности. До и после тренировочных занятий анализировали параметры, связанные с вниманием (время фиксации на экране и на лице экспериментатора), физиологические показатели (частоту сердечных сокращений и электрокожную реакцию) и мотивационные параметры. Мотивационные параметры оценивались с помощью так называемого «индекса радости» — оценки коммуникативной активности у людей с интеллектуальными нарушениями по наличию таких поведенческих проявлений, как направленный взгляд, лицевая экспрессия, вокализация, движения рта, физиологические реакции, движения головы и обычные жесты. В результате тренировок улучшилась производительность выполнения игровых заданий в обучающейся группе, в контрольной группе, с которой никакие занятия не проводились, изменений не было. Также в обучающейся группе увеличилось время фиксации на экране и на лице экспериментатора, был получен значимый эффект для мотивационных и физиологических параметров, однако не было выявлено переноса эффектов на другие функции, измеряемые шкалами адаптивного поведения Вайнеленд (The Vineland Adaptive Behavior Scales) и стандартизированной оценочной рейтинговой шкалой синдрома Ретта (The Rett assessment rating scale (RARS)).

В двух других работах Р. Фабио с коллегами [5; 17] использовали айтрекинг для обучения девочек и женщин с синдромом Ретта распознаванию картинок и расширению словаря. В первом исследовании (21 человек — экспериментальная группа, 13 человек — группа контроля без обучения в возрасте 5—36 лет) во время тренировок участникам предлагали посмотреть на одну из пары предъявленных картинок, взгляд на правильную картинку поощрялся позитивной обратной связью педагога и показом мультфильма. Постепенно сложность задания увеличивалась, вторая картинка из пары становилась более близкой по семантической категории к целевой картинке. Хотя в данных тренингах обратная связь от айтрекинга не была интерактив-

ной, айтрекер позволял более точно оценивать выбор картинки. Были оценены эффекты после однократного занятия и после пяти тренировок. Увеличение времени просмотра целевого изображения наблюдалось после более длительной тренировки.

Во второй работе Р. Фабио с коллегами [17] представлены результаты лонгитюдного исследования эффективности аналогичного тренинга с использованием айтрекинга (28 участников в возрасте от 4 до 22 лет ($M = 13,85$ лет, $SD = 5,89$). За два года все участники прошли три реабилитационных курса, каждый продолжительностью один месяц. Занятия проводились три раза в неделю по тридцать минут. Проводилась контрольная оценка внимания (время просмотра изображений), количества попыток выполнения заданий выбора картинки и языковых показателей до начала тренинга и через шесть месяцев после каждой реабилитационной сессии. Во время тренировки участникам предлагалось посмотреть на одну из пары предъявляемых картинок («Посмотри на яблоко»), называть картинки; в случае если участник смотрел на правильную картинку, называл правильно первый звук слова, изображенного на картинке, или само слово, педагог подкреплял ответ позитивными комментариями. После тренировок наблюдалось долгосрочное улучшение концентрации внимания и увеличение количества попыток выполнения задания (т. е. участник пытался выполнить инструкцию), однако улучшений речи и общего функционирования не отмечалось.

В другом исследовании Р. Фабио с коллегами [6] представлены результаты сравнения применения базовой и расширенной телереабилитационных технологий, в которых наряду с другими методами использовались отслеживание движений глаз и 3D-картирование тела ребенка в режиме реального времени. Задачи, выполняемые с айтрекером, были подобны вышеописанным [5; 17]. Оба подхода показали положительное влияние на когнитивные функции, однако расширенная телереабилитация не была существенно эффективнее, чем базовая; но надо отметить, что использование айтрекера помогало педагогу точнее оценить ответы ребенка.

Синдром дефицита внимания и гиперактивности

Мы нашли лишь пять исследований, посвященных методикам развития внимания с помощью айтрекера у детей в возрасте от 6 до 15 лет с нарушениями внимания и трудностями обучения. Полагают, что контроль движения глаз и тормозный контроль связаны с активностью лобных долей и что когнитивная тренировка, основанная на отслеживании взгляда, может усиливать функционирование отделов лобных долей, связанных с тормозным контролем, способствуя его улучшению [10; 20].

В одной из работ было представлено приложение, основной целью которого были тренировка внимания и улучшение навыков обучения не только у детей с СДВГ, но и у детей с трудностями в обучении в целом,

при помощи соединения мультимодальных систем, а именно, системы распознавания движений рук (Leap Motion) и движений глаз (X1 Light Eye tracker) [14]. Задачей участников пилотного исследования было решать примеры, используя взгляд для выбора примера, и показывать решение с помощью пальцев рук. Работа, к сожалению, не получила развития после предоставления пилотных результатов на взрослых участниках [14].

А. Гарсия-Баос с соавторами [20] показали преимущество методики развития тормозного моторного контроля зрительного внимания с использованием айтрекера перед аналогичной методикой, в которой задача выполнялась с помощью компьютерной мыши. В исследовании приняли участие дети в возрасте от 8 до 15 лет, у которых ранее был диагностирован СДВГ. В экспериментальной группе дети выполняли задание с помощью айтрекера в течение трех недель (три раза в неделю) в домашних условиях, в то время как контрольная группа выполняла такое же задание с помощью компьютерной мышки. Задача была следующей: ловить снежинки, когда не горит огонь, и прекратить их ловить (т. е. приостановить движение глаз), когда появлялся огонь. В результате тренировки в экспериментальной группе, по сравнению с группой контроля, снизился показатель импульсивности, уменьшилось время реакции и увеличились длительности фиксации на объекте, при этом уменьшилось количество фиксаций взгляда. Остальные три работы предоставляют результаты исследований, проведенных под руководством А. Чан по использованию специального приложения для развития тормозного контроля, внимания и гибкости мышления у детей в возрасте от 6 до 12 лет [7; 10; 11]. В контрольной группе дети играли в онлайн-игры, в то время как в экспериментальной группе дети выполняли задание с помощью айтрекера. Задание состояло из шести модулей, в каждом модуле было три уровня. Задачей ребенка было фиксировать свой взгляд на целевом стимуле и игнорировать дистракторы, например фиксировать взгляд на падающем камне, до тех пор, пока он не упадет. С каждым уровнем длительность необходимой фиксации увеличивалась. Если ребенок фиксировал свой взгляд достаточно долго, ему давались призовые баллы. Как только ребенок получал 80 баллов, он переходил на следующий уровень. Уже после двухнедельной тренировки было показано, что у детей, которые проходили тренировку, улучшились окулomotorный контроль и показатели в ряде тестов (например в фланговой задаче (The Flanker test), т. е. у них улучшился тормозный контроль [7; 10]. В более поздней работе [11] авторы показали, что такие тренировки в течение восьми недель улучшают когнитивные и поведенческие показатели, а также навыки чтения не только у детей с СДВГ, а у всех детей, которые испытывают трудности с обучением (например, РАС и др.).

Таким образом, задания, направленные на тренировку внимания, как у детей с СДВГ, так и у всех тех, кто испытывает трудности с обучением, в частности с

чением, в первую очередь улучшают окулomotorный и когнитивный контроль и как следствие улучшают навыки чтения.

Заключение

В большинстве рассмотренных исследований были выявлены позитивные эффекты применения айтрекинга для развития когнитивных функций у детей, что является важным свидетельством того, что подобные методики могут повысить эффективность помощи детям с особенностями развития и что разработка подобных методик является актуальным и перспективным направлением.

Необходимо отметить довольно малое число исследований в данном направлении. Большая часть из исследований осуществлялась одной исследовательской группой и использовала один набор заданий [28], что позволило накопить определенный пул данных об эффективности применения данного протокола у младенцев [2; 4; 27; 28; 29] и детей с РАС [12; 23]. Исследования, использовавшие этот протокол, показали прежде всего улучшение устойчивого внимания, т. е. после тренинга дети начинали более продолжительное время рассматривать интересные изображения, а также улучшение производительности выполнения самих заданий, что говорит о том, что дети обучались выполнять эти задания, гибко изменять стратегии зрительного поведения в зависимости от задачи. Изменения других когнитивных показателей, таких как латентность саккадической реакции, время «отключения» внимания от объекта, рабочая память, перенос на другие нетренированные функции, варьировались в разных исследованиях. Важной особенностью используемых заданий являлось отсутствие инструкции к выполнению, правильное зрительное поведение подкреплялось обратной связью в виде привлекательного мультфильма. Это делает возможным применение этих заданий у детей, которые не могут выполнять инструкции в силу возраста или особенностей развития. Ограничениями данных исследований являются маленький размер выборок, различающиеся в разных исследованиях наборы оцениваемых параметров когнитивных функций, частота и продолжительность тренировок, что затрудняет полноценную оценку результатов. Надо отметить, что используемый в этих работах протокол направлен на развитие рабочей памяти и «смешанного внимания», т. е. одновременно на тренировку устойчивости, избирательности внимания, переключение задач и торможение. С одной стороны, такой подход обучает ребенка гибко использовать внимание, использовать его различными способами, но, с другой стороны — затрудняет оценку вклада каждого задания в улучшение внимания. Помимо этого, возможно, что такие разнонаправленные задачи могут в какой-то степени снижать эффективность тренировок, особенно в случаях, когда дети не могут

гибко усваивать меняющиеся закономерности и требования задач. Важным направлением дальнейших исследований могла бы быть оценка эффективности для развития внимания каждой отдельной задачи, формирование общего протокола оцениваемых параметров, проведение исследований в различных клинических группах. Особый интерес представляет оценка долговременных результатов применения ранней интервенции.

Методика усиления внимания к лицам при просмотре видеороликов у детей с РАС, представленная в работе К. Ванг с коллегами [23], показала обнадеживающие результаты. В дальнейшем данный подход может быть использован как один из этапов занятий по развитию распознавания эмоций и социальных навыков у детей с РАС.

Исследования применения айтрекинга у людей с синдромом Ретта [5; 6; 9; 17] прежде всего указывают на возможности его применения для обучения; дальнейшие направления исследований могут быть направлены на создание комплексных программ с использованием айтрекера, ведущих от развития базовых когнитивных функций, умения произвольно фокусировать внимание на значимых объектах, формирования словарного запаса к формированию более сложных уровней коммуникации и общению с помощью средств альтернативной коммуникации. Кроме того, подобные методики актуальны не только для детей с синдромом Ретта, но и для других психоневрологических заболеваний, сочетающих моторные, когнитивные и речевые нарушения.

Тренировки с помощью айтрекинга улучшают тормозный контроль у детей с СДВГ, и, что особенно важно, они эффективнее, чем аналогичные задания, выполняемые с помощью компьютерной мыши [20], и продолжительные тренировки приводят не только к улучшению когнитивных показателей, но и чтения [11]. Необходимы дальнейшие лонгитюдные исследования, оценивающие возможность применения таких программ для предотвращения проблем школьного обучения у детей с СДВГ, продолжительность сохранения эффекта тренировок и необходимость повторных курсов тренировок. Также требуются дополнительные исследования применения подобных тренингов для улучшения учебных навыков у детей с дислексией и другими трудностями обучения.

Следует отметить потенциальные сложности и ограничения применения методик с использованием айтрекинга. Могут возникать проблемы с доступностью оборудования и подходящего программного обеспечения для широкого круга пользователей. Кроме того, методики с использованием айтрекинга ограничены применимы при выраженных нарушениях контроля глазодвигательных функций и зрения, часто наблюдаемых у людей с серьезными нарушениями двигательных функций (например, при детском церебральном параличе). Следующая проблема — это отсутствие интереса ребенка к заданиям или подкре-

пляющему мультику, что может наблюдаться при нарушениях мотивации, при продолжительном просмотре детьми развлекательных мультфильмов. В случае более комплексных заданий зачастую требуется способность следовать инструкциям, что потенциально может затруднять использование таких методик при ряде нарушений развития, например при РАС.

Таким образом, дальнейшие разработки развивающих методик с использованием айтрекинга необходимо вести с учетом этих ограничений. Стремиться разрабатывать методики на основе более дешевого и

доступного оборудования, разрабатывать рекомендации и ограничения к применению подобных методик для различных клинических групп. Помимо этого, требуется создание более четких критериев оценки эффективности методик, использование сопоставимых тестов для оценки внимания и других когнитивных функций, проведение новых исследований, как по уже опубликованным протоколам в различных группах детей, так и создавая разнообразные варианты игр, новые методики и протоколы с учетом выявленных ограничений в предыдущих исследованиях.

Литература

1. A Cognitive Cascade in Infancy: Pathways from Prematurity to Later Mental Development / S.A. Rose, J.F. Feldman, J.J. Jankowski, R. Van Rossem // *Intelligence*. 2008. Vol. 36. № 4. P. 367—378. DOI:10.1016/j.intell.2007.07.003
2. Applying gaze-contingent training within community settings to infants from diverse SES backgrounds / H. Ballieux, S.V. Wass, P. Tomalski, E. Kushnerenko, A. Karmiloff-Smith, M.H. Johnson, D.G. Moore // *Journal of Applied Developmental Psychology*. 2016. Vol. 43. P. 8—17. DOI:10.1016/j.appdev.2015.12.005
3. Attention and social communication skills of very preterm infants after training attention control: Bayesian analyses of a feasibility study / O. Perra, F. Alderdice, D. Sweet, A. McNulty, M. Johnston, D. Bilello, K. Papageorgiou, S. Wass // *PLoS One*. 2022. Vol. 17. № 9. Article ID e0273767. 21 p. DOI:10.1371/journal.pone.0273767
4. Attention training for infants at familial risk of ADHD (INTERSTAARS): study protocol for a randomised controlled trial / A. Goodwin, S. Salomone, P. Bolton [et al.] // *Trials*. 2016. Vol. 17. Article ID 608. 12 p. DOI:10.1186/s13063-016-1727-0
5. Cognitive training modifies frequency EEG bands and neuropsychological measures in Rett syndrome / R.A. Fabio, L. Billeci, G. Crifaci, E. Troise, G. Tortorella, G. Pioggia // *Research in developmental disabilities*. 2016. Vol. 53—54. P. 73—85. DOI:10.1016/j.ridd.2016.01.009
6. Comparing Advanced with Basic Telerehabilitation Technologies for Patients with Rett Syndrome — A Pilot Study on Behavioral Parameters / R.A. Fabio, M. Semino, S. Giannatiempo, T. Capri, G. Iannizzotto, A. Nucita // *International Journal of Environmental Research and Public Health*. 2022. Vol. 9. № 1. Article ID 507. 16 p. DOI:10.3390/ijerph19010507
7. Computerized Eye-Tracking Training Improves the Saccadic Eye Movements of Children with Attention-Deficit/Hyperactivity Disorder / T.L. Lee, M.K. Yeung, S.L. Sze, A.S. Chan // *Brain sciences*. 2020. Vol. 10. № 12. Article ID 1016. 9 p. DOI:10.3390/brainsci10121016
8. Eye Gaze Technology as a Form of Augmentative and Alternative Communication for Individuals with Rett Syndrome: Experiences of Families in The Netherlands / G.S. Townend, P.B. Marschik, E. Smeets, R. van de Berg, M. van den Berg, L.M.G. Curfs // *Journal of Developmental and Physical Disabilities*. 2016. Vol. 28. P. 101—112. DOI:10.1007/s10882-015-9455-z
9. Eye-gaze digital games improve motivational and attentional abilities in RETT syndrome / R.A. Fabio, T. Capri, A. Nucita, G. Iannizzotto, N. Mohammadhasani // *Journal of Special Education and Rehabilitation*. 2018. Vol. 19. № 3—4. P. 105—126. DOI:10.19057/jser.2019.43
10. Eye-Tracking Training Improves Inhibitory Control in Children with Attention-Deficit/Hyperactivity Disorder / T.L. Lee, M.K. Yeung, S.L. Sze, A.S. Chan // *Brain Science*. 2021. Vol. 11. № 3. Article ID 314. 12 p. DOI:10.3390/brainsci11030314
11. Eye-tracking training improves the learning and memory of children with learning difficulty / A.S. Chan, T.L. Lee, S.L. Sze, N.S. Yang, Y.M.Y. Han // *Scientific Reports*. 2022. Vol.12. Article ID 13974. 10 p. DOI:10.1038/s41598-022-18286-6
12. First evidence of the feasibility of gaze-contingent attention training for school children with autism / G. Powell, S.V. Wass, J.T. Erichsen, S.R. Leekam // *Autism*. 2016. Vol. 20. № 8. P. 927—937. DOI:10.1177/1362361315617880
13. *Forssman L., Wass S.V.* Training Basic Visual Attention Leads to Changes in Responsiveness to Social-Communicative Cues in 9-Month-Olds // *Child Development*. 2018. Vol. 89. № 3. P. e199—e213. DOI:10.1111/cdev.12812
14. *Garcia-Zapirain B., de la Torre Díez I., López-Coronado M.* Dual System for Enhancing Cognitive Abilities of Children with ADHD Using Leap Motion and eye-Tracking Technologies // *Journal of Medical Systems*. 2017. Vol. 41. Article ID 111. 8 p. DOI:10.1007/s10916-017-0757-9
15. Gaze-Contingent Eye-Tracking Training in Brain Disorders: A Systematic Review / L. Carelli, F. Solca, S. Tagini [et al.] // *Brain Science*. 2022. Vol. 12. № 7. Article ID 931. 11 p. DOI:10.3390/brainsci12070931
16. INTERSTAARS: Attention training for infants with elevated likelihood of developing ADHD: A proof-of-concept randomised controlled trial / A. Goodwin, E.J.H. Jones, S. Salomone [et al.] // *Translational Psychiatry*. 2021. Vol. 11. Article ID 644. 9 p. DOI:10.1038/s41398-021-01698-9

17. Longitudinal cognitive rehabilitation applied with eye-tracker for patients with Rett Syndrome / R.A. Fabio, S. Giannatiempo, M. Semino, T. Capri // *Research in Developmental Disabilities*. 2021. Vol. 111. Article ID 103891. 9 p. DOI:10.1016/j.ridd.2021.103891
18. *Lundwall R.A.* Visual reflexive attention as a useful measure of development // *Frontiers in Psychology*. 2023. Vol. 14. Article ID 1206045. 13 p. DOI:10.3389/fpsyg.2023.1206045
19. New meanings of thin-skinned: The contrasting attentional profiles of typical 12-month-olds who show high, and low, stress reactivity / S.V. Wass, K. de Barbaro, K. Clackson, V. Leong // *Developmental Psychology*. 2018. Vol. 54. № 5. P. 816—828. DOI:10.1037/dev0000428
20. Novel Interactive Eye-Tracking Game for Training Attention in Children With Attention-Deficit/Hyperactivity Disorder / A. García-Baos, T. D'Amelio, I. Oliveira, P. Collins, C. Echevarria, L.P. Zapata, E. Liddle, H. Supèr // *The Primary Care Companion for CNS Disorders*. 2019. Vol. 21. № 4. Article ID 19m02428. DOI:10.4088/PCC.19m02428
21. *Peng P., Miller A.C.* Does attention training work? A selective meta-analysis to explore the effects of attention training and moderators // *Learning and Individual Difference*. 2016. Vol. 45. P. 77—87. DOI:10.1016/j.lindif.2015.11.012
22. *Posner M.I., Rothbart M.K.* Research on Attention Networks as a Model for the Integration of Psychological Science // *Annual Review of Psychology*. 2007. Vol. 58. P. 1—23. DOI:10.1146/annurev.psych.58.110405.085516
23. Promoting Social Attention in 3-Year-Olds with ASD through Gaze-Contingent Eye Tracking / Q. Wang, C.A. Wall, E.C. Barney, J.L. Bradshaw, S.L. Macari, K. Chawarska, F. Shic // *Autism Research*. 2020. Vol. 13. № 1. P. 61—73. DOI:10.1002/aur.2199
24. Social and Cognitive Interactions Through an Interactive School Service for RTT Patients at the COVID-19 Time / L. Dovigo, T. Capri, G. Iannizzotto, A. Nucita, M. Semino, S. Giannatiempo, L. Zocca, R.A. Fabio // *Frontiers in Psychology*. 2021. Vol. 12. Article ID 676238. 10 p. DOI:10.3389/fpsyg.2021.676238
25. Training attention control of very preterm infants: protocol for a feasibility study of the Attention Control Training (ACT) / O. Perra, S. Wass, A. McNulty, D. Sweet, K. Papageorgiou, M. Johnston, A. Patterson, D. Bilello, F. Alderdice // *Pilot and Feasibility Studies*. 2020. Vol. 6. Article ID 17. 11 p. DOI:10.1186/s40814-020-0556-9
26. Using eye-tracking technology for communication in Rett syndrome: perceptions of impact / K. Vessoyan, G. Steckle, B. Easton, M. Nichols, V.M. Siu, J. McDougall // *Augmentative and Alternative Communication*. 2018. Vol. 34. № 3. P. 230—241. DOI:10.1080/07434618.2018.1462848
27. Very preterm infants engage in an intervention to train their control of attention: results from the feasibility study of the Attention Control Training (ACT) randomised trial / O. Perra, S. Wass, A. McNulty, D. Sweet, K. Papageorgiou, M. Johnston, D. Bilello, A. Patterson, F. Alderdice // *Pilot and Feasibility Studies*. 2021. Vol. 7. Article ID 66. 23 p. DOI:10.1186/s40814-021-00809-z
28. *Wass S., Porayska-Pomsta K., Johnson M.H.* Training Attentional Control in Infancy // *Current Biology*. 2011. Vol. 21. № 18. P. 1543—1447. DOI:10.1016/j.cub.2011.08.004
29. *Wass S.V., Cook C., Clackson K.* Changes in behavior and salivary cortisol after targeted cognitive training in typical 12-month-old infants // *Developmental psychology*. 2017. Vol. 53. № 5. P. 815—825. DOI:10.1037/dev0000266
30. White Matter Microstructure and Atypical Visual Orienting in 7-Month-Olds at Risk for Autism / J.T. Elison, S.J. Paterson, J.J. Wolff [et al.] // *American Journal of Psychiatry*. 2013. Vol. 170. № 8. P. 899—908. DOI:10.1176/appi.ajp.2012.12091150

References

1. Rose S.A., Feldman J.F., Jankowski J.J., Van Rossem R. A Cognitive Cascade in Infancy: Pathways from Prematurity to Later Mental Development. *Intelligence*, 2008. Vol. 36, no. 4, pp. 367—378. DOI:10.1016/j.intell.2007.07.003
2. Ballieux H., Wass S.V., Tomalski P., Kushnerenko E., Karmiloff-Smith A., Johnson M.H., Moore D.G. Applying gaze-contingent training within community settings to infants from diverse SES backgrounds. *Journal of Applied Developmental Psychology*, 2016. Vol. 43, pp. 8—17. DOI:10.1016/j.appdev.2015.12.005
3. Perra O., Alderdice F., Sweet D., McNulty A., Johnston M., Bilello D., Papageorgiou K., Wass S. Attention and social communication skills of very preterm infants after training attention control: Bayesian analyses of a feasibility study. *PLoS One*, 2022. Vol. 17, no. 9, article ID e0273767. 21 p. DOI:10.1371/journal.pone.0273767
4. Goodwin A., Salomone S., Bolton P. et al. Attention training for infants at familial risk of ADHD (INTERSTAARS): study protocol for a randomised controlled trial. *Trials*, 2016. Vol. 17, article ID 608. 12 p. DOI:10.1186/s13063-016-1727-0
5. Fabio R.A., Billeci L., Crifaci G., Troise E., Tortorella G., Pioggia G. Cognitive training modifies frequency EEG bands and neuropsychological measures in Rett syndrome. *Research in developmental disabilities*, 2016. Vol. 53—54, pp. 73—85. DOI:10.1016/j.ridd.2016.01.009
6. Fabio R.A., Semino M., Giannatiempo S., Capri T., Iannizzotto G., Nucita A. Comparing Advanced with Basic Telerehabilitation Technologies for Patients with Rett Syndrome — A Pilot Study on Behavioral Parameters. *International Journal of Environmental Research and Public Health*, 2022. Vol. 9, no. 1, article ID 507. 16 p. DOI:10.3390/ijerph19010507

7. Lee T.L., Yeung M.K., Sze S.L., Chan A.S. Computerized Eye-Tracking Training Improves the Saccadic Eye Movements of Children with Attention-Deficit/Hyperactivity Disorder. *Brain sciences*, 2020. Vol. 10, no. 12, article ID 1016. 9 p. DOI:10.3390/brainsci10121016
8. Townend G.S., Marschik P.B., Smeets E., van de Berg R., van den Berg M., Curfs L.M.G. Eye Gaze Technology as a Form of Augmentative and Alternative Communication for Individuals with Rett Syndrome: Experiences of Families in The Netherlands. *Journal of Developmental and Physical Disabilities*, 2016. Vol. 28, pp. 101—112. DOI:10.1007/s10882-015-9455-z
9. Fabio R.A., Capri T., Nucita A., Iannizzotto G., Mohammadhasani N. Eye-gaze digital games improve motivational and attentional abilities in RETT syndrome. *Journal of Special Education and Rehabilitation*, 2018. Vol. 19, no. 3—4, pp. 105—126. DOI:10.19057/jser.2019.43
10. Lee T.L., Yeung M.K., Sze S.L., Chan A.S. Eye-Tracking Training Improves Inhibitory Control in Children with Attention-Deficit/Hyperactivity Disorder. *Brain Science*, 2021. Vol. 11, no. 3, article ID 314. 12 p. DOI:10.3390/brainsci11030314
11. Chan A.S., Lee T.L., Sze S.L., Yang N.S., Han Y.M.Y. Eye-tracking training improves the learning and memory of children with learning difficulty. *Scientific Reports*, 2022. Vol.12, article ID 13974. 10 p. DOI:10.1038/s41598-022-18286-6
12. Powell G., Wass S.V., Erichsen J.T., Leekam S.R. First evidence of the feasibility of gaze-contingent attention training for school children with autism. *Autism*, 2016. Vol. 20, no. 8, pp. 927—937. DOI:10.1177/1362361315617880
13. Forssman L., Wass S.V. Training Basic Visual Attention Leads to Changes in Responsiveness to Social-Communicative Cues in 9-Month-Olds. *Child Development*, 2018. Vol. 89, no. 3, pp. e199—e213. DOI:10.1111/cdev.12812
14. Garcia-Zapirain B., de la Torre Díez I., López-Coronado M. Dual System for Enhancing Cognitive Abilities of Children with ADHD Using Leap Motion and eye-Tracking Technologies. *Journal of Medical Systems*, 2017. Vol. 41, article ID 111. 8 p. DOI:10.1007/s10916-017-0757-9
15. Carelli L., Solca F., Tagini S. et al. Gaze-Contingent Eye-Tracking Training in Brain Disorders: A Systematic Review. *Brain Science*, 2022. Vol. 12, no. 7, article ID 931. 11 p. DOI:10.3390/brainsci12070931
16. Goodwin A., Jones E.J.H., Salomone S. et al. INTERSTAARS: Attention training for infants with elevated likelihood of developing ADHD: A proof-of-concept randomised controlled trial. *Translational Psychiatry*, 2021. Vol. 11, article ID 644. 9 p. DOI:10.1038/s41398-021-01698-9
17. Fabio R.A., Giannatiempo S., Semino M., Capri T. Longitudinal cognitive rehabilitation applied with eye-tracker for patients with Rett Syndrome. *Research in Developmental Disabilities*, 2021. Vol. 111, article ID 103891. 9 p. DOI:10.1016/j.ridd.2021.103891
18. Lundwall R.A. Visual reflexive attention as a useful measure of development. *Frontiers in Psychology*, 2023. Vol. 14, article ID 1206045. 13 p. DOI:10.3389/fpsyg.2023.1206045
19. Wass S.V., de Barbaro K., Clackson K., Leong V. New meanings of thin-skinned: The contrasting attentional profiles of typical 12-month-olds who show high, and low, stress reactivity. *Developmental Psychology*, 2018. Vol. 54, no. 5, pp. 816—828. DOI:10.1037/dev0000428
20. García-Baos A., D'Amelio T., Oliveira I., Collins P., Echevarria C., Zapata L.P., Liddle E., Supèr H. Novel Interactive Eye-Tracking Game for Training Attention in Children With Attention-Deficit/Hyperactivity Disorder. *The Primary Care Companion for CNS Disorders*, 2019. Vol. 21, no. 4, article ID 19m02428. DOI:10.4088/PCC.19m02428
21. Peng P., Miller A.C. Does attention training work? A selective meta-analysis to explore the effects of attention training and moderators. *Learning and Individual Difference*, 2016. Vol. 45, pp. 77—87. DOI:10.1016/j.lindif.2015.11.012
22. Posner M.I., Rothbart M.K. Research on Attention Networks as a Model for the Integration of Psychological Science. *Annual Review of Psychology*, 2007. Vol. 58, pp. 1—23. DOI:10.1146/annurev.psych.58.110405.085516
23. Wang Q., Wall C.A., Barney E.C., Bradshaw J.L., Macari S.L., Chawarska K., Shic F. Promoting Social Attention in 3-Year-Olds with ASD through Gaze-Contingent Eye Tracking. *Autism Research*, 2020. Vol. 13, no. 1, pp. 61—73. DOI:10.1002/aur.2199
24. Dovigo L., Capri T., Iannizzotto G., Nucita A., Semino M., Giannatiempo S., Zocca L., Fabio R.A. Social and Cognitive Interactions Through an Interactive School Service for RTT Patients at the COVID-19 Time. *Frontiers in Psychology*, 2021. Vol. 12, article ID 676238. 10 p. DOI:10.3389/fpsyg.2021.676238
25. Perra O., Wass S., McNulty A., Sweet D., Papageorgiou K., Johnston M., Patterson A., Bilello D., Alderdice F. Training attention control of very preterm infants: protocol for a feasibility study of the Attention Control Training (ACT). *Pilot and Feasibility Studies*, 2020. Vol. 6, article ID 17. 11 p. DOI:10.1186/s40814-020-0556-9
26. Vessoyan K., Steckle G., Easton B., Nichols M., Siu V.M., McDougall J. Using eye-tracking technology for communication in Rett syndrome: perceptions of impact. *Augmentative and Alternative Communication*, 2018. Vol. 34, no. 3, pp. 230—241. DOI:10.1080/07434618.2018.1462848
27. Perra O., Wass S., McNulty A., Sweet D., Papageorgiou K., Johnston M., Bilello D., Patterson A., Alderdice F. Very preterm infants engage in an intervention to train their control of attention: results from the feasibility study of the Attention Control Training (ACT) randomised trial. *Pilot and Feasibility Studies*, 2021. Vol. 7, article ID 66. 23 p. DOI:10.1186/s40814-021-00809-z

28. Wass S., Porayska-Pomsta K., Johnson M.H. Training Attentional Control in Infancy. *Current Biology*, 2011. Vol. 21, no. 18, pp. 1543—1447. DOI:10.1016/j.cub.2011.08.004
29. Wass S.V., Cook C., Clackson K. Changes in behavior and salivary cortisol after targeted cognitive training in typical 12-month-old infants. *Developmental psychology*, 2017. Vol. 53, no. 5, pp. 815—825. DOI:10.1037/dev0000266
30. Elison J.T., Paterson S.J., Wolff J.J. et al. White Matter Microstructure and Atypical Visual Orienting in 7-Month-Olds at Risk for Autism. *American Journal of Psychiatry*, 2013. Vol. 170, no. 8, pp. 899—908. DOI:10.1176/appi.ajp.2012.12091150

Информация об авторах

Ребрейкина Анна Борисовна, кандидат биологических наук, научный сотрудник, Институт высшей нервной деятельности и нейрофизиологии Российской академии наук (ИВНД и НФ РАН), г. Москва, Российская Федерация, ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-5714-2040>, e-mail: anna.rebreikina@gmail.com

Левкович Кристина Михайловна, кандидат биологических наук, научный сотрудник, Институт высшей нервной деятельности и нейрофизиологии Российской академии наук (ИВНД и НФ РАН), г. Москва, Российская Федерация, ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-1016-2703>, e-mail: kliaukovich@ihna.ru

Information about the authors

Anna B. Rebreikina, PhD in Biology, Researcher, Laboratory of Human Higher Nervous Activity, Institute of Higher Nervous Activity and Neurophysiology of RAS, Moscow, Russia, ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-5714-2040>, e-mail: anna.rebreikina@gmail.com

Krystina M. Liaukovich, PhD in Biology, Researcher, Laboratory of Human Higher Nervous Activity, Institute of Higher Nervous Activity and Neurophysiology of RAS, Moscow, Russia, ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-1016-2703>, e-mail: kliaukovich@ihna.ru

Получена 30.09.2023

Received 30.09.2023

Принята в печать 10.12.2023

Accepted 10.12.2023