

<https://doi.org/10.33791/2222-4408-2022-2-47-54>

УДК 616.89-008.434.53



Зрительные нарушения у пациентов с дислексией (обзор литературы)

Рычкова Светлана И.^{1,2,*}, Лихванцева Вера Г.^{3,4}

¹ Институт проблем передачи информации им. А.А. Харкевича РАН, 127051, Российская Федерация, Москва, Большой Каретный пер., д. 19

² Медико-биологический университет инноваций и непрерывного образования ФГБУ «Государственный научный центр Российской Федерации – Федеральный медицинский биофизический центр им. А.И. Бурназяна» ФМБА России, 123098, Российская Федерация, Москва, ул. Гамалеи, д. 15

³ ФГБУ «Государственный научный центр Российской Федерации – Федеральный медицинский биофизический центр им. А.И. Бурназяна» ФМБА России, 123098, Российская Федерация, Москва, ул. Гамалеи, д. 15

⁴ Академия постдипломного образования ФГБУ «Федеральный научно-клинический центр специализированных видов медицинской помощи и медицинских технологий Федерального медико-биологического агентства», 125371, Российская Федерация, Москва, Волоколамское ш., д. 91

Резюме

Актуальность. Способность к чтению – залог успешного обучения школьников и студентов. При этом, по данным разных авторов, от 5–10 до 20–30 % населения испытывают затруднения, характеризующиеся как «чтение ниже уровня владения языком», «трудности в чтении», «дислексия». Данная работа посвящена анализу современной российской и зарубежной литературы в области этиопатогенеза, диагностики, клинических проявлений и функциональной коррекции зрительных нарушений при дислексии. **Цель:** изучить данные литературы, посвященной зрительным нарушениям у пациентов с дислексией. **Материалы и методы.** Проведен анализ публикаций на ресурсах PubMed, eLibrary, CyberLeninka, Crossref Metadata Search. **Результаты.** Публикации демонстрируют важность выявления нарушений функций зрительного анализатора у пациентов с дислексией, что необходимо для правильной всесторонней оценки этого состояния, понимания причин и характера затруднений, которые испытывает ребенок с дислексией в процессе обучения чтению. Результаты анализа исследований раскрывают возможности положительной динамики освоения навыков чтения у пациентов с дислексией в процессе функционального лечения, направленного на развитие бинокулярных зрительных функций, улучшение работы глазодвигательной системы и состояния аккомодации. **Заключение.** Авторы пришли к выводу о том, что углубленное офтальмологическое обследование и лечение выявленной офтальмопатологии имеет большое значение в общем комплексе диагностических и коррекционных мероприятий у пациентов с дислексией.

Ключевые слова: дислексия, зрительные нарушения, функциональное лечение офтальмопатологии

Конфликт интересов: авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

Финансирование: авторы не получали финансирование при проведении исследования и написания статьи.

Для цитирования: Рычкова С.И., Лихванцева В.Г. Зрительные нарушения у пациентов с дислексией (обзор литературы). The EYE ГЛАЗ. 2022;24(2):47–54. <https://doi.org/10.33791/2222-4408-2022-2-47-54>

Поступила: 28.08.2021

Принята после доработки: 20.02.2022

Опубликована: 30.06.2022

© Рычкова С.И., Лихванцева В.Г., 2022.

Visual disorders in patients with dyslexia (literature review)

Svetlana I. Rychkova^{1,2,*}, Vera G. Likhvantseva^{3,4}

¹ Kharkevich Institute for Information Transmission Problems RAS, 19, Bolshoy Karetny lane, Moscow, 127051, Russian Federation

² Medico-biological University of Innovation and Continuing Education of Russian State Research Center – Burnasyan Federal Medical Biophysical Center of Federal Medical Biological Agency, 15 Gamalei str., Moscow, 123098, Russian Federation

³ Russian State Research Center – Burnasyan Federal Medical Biophysical Center of Federal Medical Biological Agency, 15, Gamalei Str., Moscow, 123098, Russian Federation

⁴ Academy of Postgraduate Education of the Federal Scientific and Clinical Center for Specialized Medical Assistance and Medical Technologies of Federal Medical Biological Agency of Russia, 91, Volokolamskoe Highway, Moscow, 125371, Russian Federation

Abstract

Background. The ability to read is the key to successful education of schoolchildren and students. At the same time, according to various authors, from 5–10 to 20–30% of the population experience difficulties, characterized as “reading below the level of language proficiency”, “reading difficulties” and “dyslexia”. This work is devoted to the analysis of modern Russian and foreign literature in the field of aetiopathogenesis, diagnosis, clinical manifestations and functional correction of visual disorders in dyslexia. **Aim:** to study the literature data on visual impairment in patients with dyslexia. **Materials and methods.** The literature analysis of publications available on PubMed, eLibrary, CyberLeninka and Crossref Metadata Search was carried out. **Results.** The conducted analysis demonstrates the importance of effective detection of visual disorders in patients with dyslexia, which is necessary for a correct comprehensive assessment of this condition, as well as understanding the causes and nature of difficulties experienced by a child with dyslexia in the process of learning to read. The results of the analysis of studies reveal the possibilities of positive dynamics in the development of reading skills in patients with dyslexia in the process of functional treatment aimed at developing binocular visual functions, improving the functioning of the oculomotor system and the accommodation. **Conclusion.** The authors conclude that an in-depth ophthalmic examination and treatment of the identified ophthalmic pathology is of great importance in the overall complex of diagnostic and corrective measures in patients with dyslexia.

Keywords: *dyslexia, visual disorders, functional treatment of ophthalmic pathology*

Conflict of interest: *the authors declare that there is no conflict of interest.*

Funding: *the authors received no specific funding for this work.*

For citation: Rychkova S.I., Likhvantseva V.G. Visual disorders in patients with dyslexia (literature review). The EYE GLAZ. 2022;24(2):47–54. <https://doi.org/10.33791/2222-4408-2022-2-47-54>

Received: 28.08.2021

Accepted: 20.02.2022

Published: 30.06.2022

© Rychkova S.I., Likhvantseva V.G., 2022.

Чтение представляет собой процесс извлечения и анализа информации при работе с письменным текстом. Трудно переоценить значение навыка чтения в жизни современного человека. Этот процесс важен людям, пользующимся как электронными устройствами, так и печатными изданиями. Способность к чтению – залог успешного обучения школьников и студентов. При этом, по данным разных авторов, от 5–10 до 20–30% населения испытывают затруднения, характеризующиеся как «чтение ниже уровня владения языком», «трудности в чтении», «дислексия» [1–6]. Настоящая работа посвящена анализу современной российской и зарубежной литературы в области этиопатогенеза, диагностики, клинических проявлений и функциональной коррекции зрительных нарушений при дислексии.

Цель

Изучить данные литературы, посвященной зрительным нарушениям у пациентов с дислексией.

Материалы и методы

Проведен анализ публикаций на ресурсах PubMed, eLibrary, CyberLeninka, Crossref Metadata Search.

Результаты

Наиболее часто употребляемые термины «трудности в чтении» и «дислексия» близки по смыслу. **Дислексией** называют идиопатическое, специфическое нарушение процесса чтения, характеризующееся стойкой избирательной неспособностью быстро и правильно распознавать слова, осуществлять декодирование, осваивать навыки правописания,

несмотря на достаточно развитый уровень интеллектуальных и речевых возможностей, отсутствие явной патологии слухового и зрительного анализаторов и наличие оптимальных условий обучения. **Трудности в чтении** – более широкое понятие, подразумевающее проблемы овладения этим навыком, которые могут быть обусловлены как специфическими, так и неспецифическими нарушениями [5]. Так, например, трудности в чтении в виде снижения скорости и качества освоения информации вызывает функциональная и органическая офтальмопатология, сопровождающаяся снижением остроты зрения и контрастной чувствительности (амблиопия, нистагм, помутнения оптических сред, заболевания сетчатки и зрительного нерва и др.). Дислексия может встречаться у людей с нормальной остротой зрения, не требующей оптической коррекции или корригированной. При этом они испытывают искажения в разных зонах текста: «затертый» текст (повышенная чувствительность к белому цвету фона), выпадение участков букв, неровность строк [7]. Стандартное офтальмологическое обследование далеко не всегда позволяет выявить такие нарушения и установить их причину. Подсказкой может стать несоответствие между выявленной остротой зрения и выраженными затруднениями при чтении и письме.

Дислексия у детей обычно проявляется в начальных классах школы в виде отставания развития навыков чтения, письма и счетных операций от своей возрастной группы, несмотря на нормальный уровень интеллекта, сохранность мотивации и доступность обучения [1–3]. Ребенок с дислексией может выглядеть сообразительным, ясно формулировать мысли, хорошо рисовать, но при этом не любит читать и писать, испытывает затруднения при реше-

нии математических задач, негативно относятся к школе. Родители и учителя могут воспринимать их поведение как лень, отсутствие мотивации, невнимательность. Их попытки заставить такого ребенка читать не приносят успеха и могут усугубить ситуацию, если истинные ее причины не выявлены [2, 3].

Чтение представляет собой сложный навык, требующий не только правильной интерпретации зрительной информации, получаемой при распознавании каждого слова, но также способности анализировать и интегрировать информацию, поступающую в разные отделы мозга для осмысления прочитанного. В связи с этим патологические изменения на разных уровнях обработки зрительной информации (получения, проведения и осмысления) обуславливают клинические проявления дислексии, имеющие технический и смысловой характер. Нарушения технической стороны чтения проявляются медленной скоростью, послоговым способом чтения, многочисленными устойчивыми ошибками. Смысловые нарушения связаны с неверным пониманием прочитанного текста и сложностями передачи его содержания [4, 5].

В зависимости от преобладающих нарушений выделяют зрительную (оптическая, аграмматическая), слуховую (семантическая, акустическая, фонематическая) и смешанную формы дислексии [1–3, 7–8].

При **зрительной форме дислексии** затруднения в чтении проявляются в том, что воспринимаемые буквы текста вибрируют, дwoятся, переворачиваются, имеют разную контрастность и четкость. Белый лист вызывает зрительное утомление, текст воспринимается затертым, может сползать вниз или подниматься вверх, казаться объемным в разных частях листа. Эти явления объясняют, почему ребенок при чтении пропускает или заменяет слова, не дописывает окончания, пропускает или сливает со словом предлоги, пропускает строки [1–4, 7]. Затруднения при письме проявляются повтором слов, добавлением лишних слогов или, наоборот, их пропуском, перестановкой слогов в слове, подменой или разворотом букв, цифр и/или слов. Характерными признаками дислексии являются также неправильные окончания слов, написание букв или цифр в зеркальном виде, трудности с пониманием местоимений, пропуск строк. Ребенок может многократно перечитывать текст, не понимая его смысла, не может пересказать прочитанное, при решении математической задачи испытывает трудности в понимании ее смысла. Дети с дислексией обычно имеют проблемы с почерком: необычно держат ручку, часто сильно нажимают на нее при письме, почерк выглядит изменчивым и/или неразборчивым. Кроме того, у них часто наблюдаются проблемы с координацией движений, крупной и мелкой моторикой, ориентацией в пространстве и времени [2–4, 7].

Диагностика дислексии. Традиционными методами исследования способности к чтению являются

оценка скорости чтения и корректурные пробы [9]. В западных странах для оценки чтения используются такие тесты, как Bailey-Lovie Near Chart [10], Minnesota Reading Acuity Test (MNREAD) [11], Radner Reading Chart [12]. Долгие годы в клинических исследованиях использовали MNREAD, состоящий из пяти наборов предложений, соответствующих определенным лингвистическим и типографическим критериям. К настоящему дню MNREAD перестал изменяться, был разработан компьютерный алгоритм с большим набором предложений [13].

В нашей стране для школьников со второго по шестой класс используется **Стандартизированная методика исследования навыка чтения** (СМИНЧ) [4]. Эта методика позволяет оценить навыки чтения по не только качественным, но и количественным показателям. Эти показатели используются для дифференциальной диагностики избирательных, специфических нарушений усвоения чтения (дислексии) и неспецифических затруднений разной этиологии (при недоразвитии устной речи, умственной отсталости, неправильной методике обучения и т.д.). При тестировании ребенку предлагают прочесть два текста: «Как я ловил раков» и «Неблагодарная ель». По секундомеру регистрируют число правильно прочитанных слов за первую минуту. Коэффициент техники чтения каждого текста находят в таблице на пересечении строки, соответствующей числу правильно прочитанных слов, и столбца, соответствующего классу и номеру текста. Кроме того, после прочтения каждого текста проверяется его понимание по ответам на 10 вопросов. В случае хорошего понимания текста ребенок должен дать не менее 7 ответов (при условии, что прочитано не менее 98 слов в первом тексте и не менее 127 слов во втором).

В массовых профилактических осмотрах детей 6–8 лет используют **методику раннего выявления дислексии** (МРВД) [4]. Это тестирование включает несколько заданий: «рядоговорение» (просят ребенка перечислить времена года, дни недели и т.п.), «ритмы» (просят повторить заданный ритм), «кулак – ребро – ладонь» (ребенок должен повторить показанные движения в определенной последовательности), «повторение цифр» (ребенок повторяет ряд из трех, затем четырех и затем пяти цифр, названных экзаменатором), ориентировка «право – лево» (например, поднять левую руку, показать правую ногу, взяться левой рукой за правое ухо и т.д.), составление рассказа по серии картинок. Каждое задание оценивается в баллах. Правильное без затруднений выполнение задания оценивают в 0 баллов, ошибки оценивают в баллах; чем больше ребенок делает ошибок и испытывает затруднений, тем больше присваивают ему баллов. Итоговая сумма баллов, превышающая 5 у детей 6–8 лет, свидетельствует о предрасположенности к дислексии.

Причины дислексии. Согласно современным представлениям, большое значение в развитии дислексии имеют зрительные и зрительно-пространственные нарушения, связанные с неправильной об-

работкой зрительной информации на уровне ЦНС, нарушения целостности восприятия и межполушарных взаимодействий [2, 3, 14, 15].

В частности, одной из предполагаемых причин дислексии является дисбаланс активности магнито- и парвоцеллюлярной систем передачи зрительной информации [16–18]. Известно, что волокна магноцеллюлярных клеток сетчатки составляют основную часть **дорсального пути**, специализирующегося на передаче и обработке информации о местоположении и перемещении объекта в пространстве (нейроны «Где?»). Из области первичной зрительной коры V1 эта информация проецируется в среднюю височную кору, медиальную верхнюю височную область, зоны V3, V3A и V6, а также во внутрипариетальную борозду задней теменной коры – область «пространственного внимания», участвующую в анализе времени событий. Задняя теменная кора обеспечивает передачу информации в дорсальную боковую префронтальную кору, участвующую в организации рабочей памяти и исполнительного контроля движений [19–22].

Вентральный путь, получающий в отличие от дорсального как магноцеллюлярные, так и парвоцеллюлярные входы, проецируется из V1 через область V4 и далее в нижневисочную кору, область, специализирующуюся на извлечении деталей, связанных с цветом и формой объекта (нейроны «Что?») [19–22].

Более быстрое время передачи информации магноцеллюлярными нейронами дорсального пути регулируется при помощи обратной связи к зрительной коре, что может затем использоваться парвоцеллюлярными нейронами вентрального пути как отправная точка для расшифровки отдельных букв в слове [23]. Обратная связь в дорсальном пути от средней височной коры до V1 улучшает распознавание фигуры из фона, помогая при чтении выделять буквы в словах и слова в тексте [16, 23]. Кроме того, обратная связь от средней височной коры оказывает наиболее сильное влияние на стимулы с низкой яркостью, такие как низкоконтрастные паттерны с контрастностью менее 10%, максимально активирующие магноклеточные нейроны [16, 23].

У пациентов с дислексией время магноцеллюлярного цикла составляет 20–40 мс, что в 2–4 раза больше нормы (10–20 мс) [16]. Это дало основания предполагать, что отсутствие синхронизации во времени между активацией магноцеллюлярных и парвоцеллюлярных клеток при дислексии препятствует выделению и идентификации критических элементов, необходимых для чтения, таких как начало и конец слова, снижает эффективность последовательного анализа букв в слове, затрудняет анализ направления и скорости движения зрительных паттернов, выделение фигур из фона и, таким образом, служит причиной нарушений развития навыков чтения и внимания [16].

На основании теории десинхронизации работы нейронов парво- и магноклеточной систем при дислексии был предложен способ зрительной

тренировки, направленной на улучшение их взаимодействия [24]. Для этого использовались вертикальные синусоидальные решетки, движущиеся вправо и влево по однородному полю. Задача пациента – определить направление движения решетки. Постепенное ускорение движения направлено на стимуляцию работы магноцеллюлярной системы, увеличение пространственной частоты – на активацию парвоцеллюлярной системы. Положительная динамика, отмечаемая авторами в результате таких тренировок, проявлялась увеличением скорости чтения, устойчивости внимания и улучшением рабочей памяти. Полученные результаты превышали показатели контрольных групп пациентов, у которых в функциональной коррекции дислексии использовали повторное чтение, тренировки, направленные на улучшение слухового восприятия, лингвистические методы [16, 24].

Перспективным направлением в работе с пациентами, страдающими дислексией, являются **цветодиагностика и цветокоррекция** [2, 3, 7, 8]. Так, например, Т.Д. Абуговой разработана методика цветотестирования с использованием специальной компьютерной программы, содержащей серию диагностических тестов, позволяющих выявить зрительные и зрительно-пространственные нарушения, характерные для дислексии. Программа позволяет подобрать цвет, компенсирующий выявленные нарушения. В случаях невозможности подбора нужного цвета при помощи компьютерной программы метод предусматривает использование мускульных тестов, чтение с пленками Ирлен, нейропсихологические тесты [2, 3, 14]. После выбора компенсирующего цвета проводят его уточнение в условиях разного освещения, изучают его влияние на координацию движений, остроту зрения, состояние аккомодации и конвергенции, бинокулярное и стереоскопическое зрение [2, 3].

Использование цветокоррекции при дислексии кажется логичным подходом, учитывая повышенную чувствительность пациентов к некоторым цветам. Кроме того, эксперты не исключают возможное влияние цвета на парвоцеллюлярную систему, отвечающую за восприятия формы и цвета. Хотя имеются и сообщения о недостаточной эффективности цветокоррекции в улучшении способности к чтению [25, 26]. Противоречивость мнений, вероятно, обусловлена различиями в используемой методологии. Полагают, что эта область имеет перспективы для дальнейших исследований.

Важным аспектом в изучении дислексии является **оценка состояния глазодвигательной системы** и разработка методов коррекции ее нарушений [27–30]. В исследованиях, проведенных L.M. Ward и Z. Karoula с помощью тест-объектов (мишеней) для фиксации взгляда в реальном трехмерном пространстве без разделения полей зрения и закрепленного на голове eye-tracker для регистрации движений глаз, продемонстрированы отличия координации движений глаз у подростков с дислексией в сравнении с аналогичными показателя-

ми подростков без дислексии [30]. Тесты проводили с использованием устройства REMOVI (патент US8851669, WO2011073288), которое создавало аудиовизуальные мишени для фиксации взгляда, вызывая вергентные движения глаз (при фиксации попеременно ближней и дальней мишени) и саккады (при попеременной фиксации левой и правой мишени). По сравнению с контролем вергентные движения дислексиков проявлялись уменьшением амплитуды конвергенции и более длительной начальной фазой дивергенции, а саккады – большей медлительностью в обоих направлениях. Кроме того, у дислексиков наблюдали повышенный дрейф дезадаптации в первые 80 или 160 мс после саккад вправо, что указывало на плохую бинокулярную координацию и снижение средней скорости вергенции и саккад. Полученные результаты указывают на особые профили скорости движений глаз (как вергенции, так и саккад) у дислексиков. Авторы предполагают, что плохой контроль вергенции при дислексии изменяет скорость саккад и вызывает расстройство постсаккадического дрейфа, что может приводить к нарушениям фиксации текста и обуславливать трудности чтения. Авторы подчеркивают, что выявленные аномалии проявляются у дислексиков при фиксации любых объектов, а выявляемые нарушения движений глаз, даже самые незначительные, могут быть симптомом более серьезных нарушений координации движений, связанных с дислексией и/или другими проблемами обучения. Причинно-следственная взаимосвязь была продемонстрирована положительной динамикой способности к чтению на фоне улучшения показателей вергентных движений глаз и саккад в результате использования устройства REMOVI в качестве способа функциональной коррекции дислексии. Достоинствами метода является расположение мишеней для зрительной фиксации в соответствии с движениями глаз в повседневной жизни и использование предшествующих зрительной задаче звуковых сигналов, способствующих межсенсорному взаимодействию [29–30].

Большую роль в навыках чтения играют когнитивные способности ребенка. Одним из способов исследования когнитивных способностей является **нейропсихологический тест Струпа** (Stroop Color and Word Test (SCWT)) [6, 29–31]. Он содержит три задачи: чтение слов, присвоение имен цветам и присвоение имен неконгруэнтно окрашенным словам (например, слово «красный», написанное синим цветом). При выполнении теста фиксируют скорость и количество допущенных ошибок при выполнении каждой задачи. Показатели, полученные при выполнении более простых первых двух задач, сравнивают с показателями, полученными при выполнении более сложной третьей задачи, поскольку неконгруэнтный цвет слов создает дополнительные ментальные трудности (эффект помехи). Модифицированный тест Струпа предлагает также регистрировать движения глаз при выполнении заданий. Результаты исследования с использованием

модификации демонстрируют тенденцию к большему количеству ошибок и удлинению времени реакции больных с дислексией по сравнению с показателями групп контроля. При этом выявлены нарушения движений глаз в виде укорочения саккад и неустойчивости фиксации [6, 30].

В исследовании бинокулярных зрительных функций у детей в возрасте от 6 до 14 лет с проблемами чтения L. W. Christian и соавт. выявили в 6,6 % случаев косоглазие; экзофория наблюдалась у 8 % детей для дали и у 34 % для близи, эзофория – у 2 % детей для дали и у 1 % для близи. У 81 % детей не было обнаружено аномалий рефракции, при этом нарушение аккомодационной способности имело место у 30 % детей. Ослабленная конвергенция выявлялась у 32 % детей, сниженное качество стереозрения – у 33 %. У половины детей была снижена величина положительных фузионных резервов [32]. Многие авторы указывают на сниженные показатели фузионных резервов, бинокулярной интеграции, аккомодации, стереозрения у пациентов с дислексией и трудностями в чтении [33–37]. Показана эффективность коррекционных мероприятий, направленных на развитие бинокулярных зрительных функций, улучшение состояния глазодвигательной системы и аккомодации в аспекте оптимизации процесса чтения [34–37].

A. Przekoracka-Krawczyk и соавт. продемонстрировали нестабильность бинокулярной фиксации и более глубокую, чем в контрольной группе, фиксационную диспаратность (неточность бификсации) у пациентов с дислексией [38]. Авторы объясняют это возможными нарушениями работы мозжечка и корково-мозжечковых связей. Они апеллируют к работам, демонстрирующим анатомическую асимметрию мозжечка, его аномальную активность при исследовании с помощью позитронно-эмиссионной томографии, уменьшенную область в правой передней доле мозжечка у пациентов с дислексией [39–42]. Примечательно, что у многих дислексиков наблюдаются нарушения равновесия тела в спокойной позе при проведении постурографии, что характерно для мозжечковой дисфункции [31, 38]. На основании этих данных авторы выдвигают гипотезу, согласно которой незрелость нервных путей может объяснять нарушения моторного обучения, а мозжечок и магноцеллюлярный зрительный путь могут быть ответственны за нарушения координации движений глаз, общий двигательный дефицит, проблемы автоматизации движений, нарушения в системе «глаз – рука» [31, 38, 42].

Известно, что для эффективного формирования навыка чтения важна правильная организация движения взора – его плавное передвижение по строке. Обычный печатный текст предполагает последовательную линейную обработку букв, слов и предложений, которая не должна вступать в противоречия с основной целью чтения – пониманием значения слов и смысла текста. Зрительное восприятие объекта может протекать в виде поэлементного или одномоментного опознания. В связи с этим выделя-

ют аналитические (интегральные), осуществляемые по набору отдельных признаков, и холистические (целостные) стратегии распознавания визуальных объектов [5]. Кроме того, выделяют последовательный и хаотический вид визуального поиска.

В работе О.М. Мошковой показано, что у хорошо читающих детей происходит постепенный переход от хаотического визуального поиска к последовательному (необходимому для правостороннего зрительного сканирования текста) и от аналитической стратегии опознания (от буквы к букве и от слога к слогу) к холистической. При этом отсутствие такого перехода становится причиной нарушения чтения. Автором предложена диагностическая методика, позволяющая на ранних этапах обнаружить предрасположенность к нарушениям чтения, связанным с хаотическим визуальным поиском и аналитической стратегией опознания печатных знаков, а также собственная модификация классической методики преодоления нарушений чтения у детей младших классов Г.В. Чиркиной и М.Н. Русецкой [43]. Показана положительная динамика в повышении способности к чтению при использовании этой модификации [5].

Заключение

Таким образом, дислексия представляется комплексной междисциплинарной проблемой, в существовании которой большую роль играют нарушения со стороны зрительного анализатора.

Литература

1. Григорьева Л.П. Дети с проблемами в развитии (комплексная диагностика и коррекция). М.: ИКЦ «Академкнига», 2002. 415 с.
2. Абугова Т.Д. Цветокоррекция при дислексии. Современная оптометрия. 2019;6:24–29.
3. Абугова Т.Д. Цветотестирование и цветокоррекция. The EYE GLAZ. 2021;23(1):53–58. <https://doi.org/10.33791/2222-4408-2021-1-53-58>
4. Корнев А.Н. Основы логопатологии детского возраста: Клинические и психологические аспекты. СПб.: Речь, 2005. 558 с.
5. Мошкова О.М. Ретардация визуального восприятия как критерий раннего выявления дислексии. Образование и наука. 2014;10:105–117.
6. Wu Y.J., Yang W.H., Wang Q.X. et al. Eye-movement patterns of Chinese children with developmental dyslexia during the Stroop test. Biomedical and Environmental Sciences. 2018;31(9):677–685. <https://doi.org/10.3967/bes2018.092>
7. Irlen H. Reading by the colors. Overcoming dyslexia and other reading disabilities through the Irlen method: Includes a color – keyed self – test. New York: Penguin Group Inc, 2005. 201 p.
8. Джордан И. Нарушение зрительного восприятия при дислексии. М.: МЦ «Невро-Мед», 2017. 24 с.
9. Егорова Т.С., Болотова Л.О. Эргономические тесты в оптометрической практике. The EYE GLAZ. 2012;4:20–23.
10. Bailey I.L., Lovie J.E. The design and use of a new near-vision chart. American Journal of Optometry and Physiological Optics. 1980;57:378–387. <https://doi.org/10.1097/00006324-198006000-00012>
11. Mansfeld J.S., Ahn S.J., Legge G.E., Luebker A. A new reading-acuity chart for normal and low vision. Ophthalmic and visual optics/noninvasive assessment of the visual system technical digest. 1993;3:232–235.

Своевременное выявление этих нарушений крайне необходимо для уточнения диагноза и правильного понимания причин и характера затруднений, которые испытывает ребенок с дислексией при обучении чтению. Кроме того, данные литературы демонстрируют положительную динамику показателей навыков чтения у пациентов с дислексией в результате функционального лечения, направленного на развитие бинокулярных зрительных функций, улучшение работы глазодвигательной системы и состояния аккомодации. В связи с этим вполне очевидна значимость углубленного офтальмологического обследования и лечения выявленной офтальмопатологии в общем комплексе диагностических и коррекционных мероприятий у пациентов с дислексией. С другой стороны, представляется целесообразным включение методов оценки навыков чтения в стандартный офтальмологический осмотр младших школьников.

Вклад авторов: авторы внесли равный вклад в эту работу.

Концепция и дизайн исследования, обзор литературы, анализ и интерпретация данных, анализ изображений, написание статьи, финальное редактирование: С.И. Рычкова (50%), В.Г. Лихванцева (50%).

Authors' contributions: authors have contributed equally to this work.

Literature review, data analysis and interpretation, imaging analysis, manuscript editing, final editing: S.I. Rychkova (50%), V.G. Likhvantseva (50%).

References

1. Grigorieva L.P. Children with developmental problems (complex diagnostics and correction). Moscow: Akademkniga, 2002. 415 p. (In Russ.)
2. Abugova T.D. Color correction for dyslexia. Modern optometry. 2019;6:24–29. (In Russ.)
3. Abugova T.D. Color testing and color correction. The EYE GLAZ. 2021;23(1):53–58. (In Russ.) <https://doi.org/10.33791/2222-4408-2021-1-53-58>
4. Kornev A.N. Fundamentals of speech pathology of childhood: Clinical and psychological aspects. St. Petersburg: Rech, 2005. 558 p. (In Russ.)
5. Moshkova O.M. Retardation of visual perception as a criterion for early detection of dyslexia. Education and science. 2014;10:105–117. (In Russ.)
6. Wu Y.J., Yang W.H., Wang Q.X. et al. Eye-movement patterns of Chinese children with developmental dyslexia during the Stroop test. Biomedical and Environmental Sciences. 2018;31(9):677–685. <https://doi.org/10.3967/bes2018.092>
7. Irlen H. Reading by the colors. Overcoming dyslexia and other reading disabilities through the Irlen method: Includes a color – keyed self – test. New York: Penguin Group Inc, 2005. 201 p.
8. Jordan I. Visual impairment in dyslexia. Moscow: MC “Neuro-Med”, 2017. 24 p. (In Russ.)
9. Egorova T.S., Bolotova L.O. Ergonomic tests in optometric practice. The EYE GLAZ. 2012;4:20–23. (In Russ.)
10. Bailey I.L., Lovie J.E. The design and use of a new near-vision chart. American Journal of Optometry and Physiological Optics. 1980;57:378–387. <https://doi.org/10.1097/00006324-198006000-00012>
11. Mansfeld J.S., Ahn S.J., Legge G.E., Luebker A. A new reading-acuity chart for normal and low vision. Ophthalmic and visual optics/noninvasive assessment of the visual system technical digest. 1993;3:232–235.

12. Radner W., Willinger U., Obermayer W., Mudrich C., Eisenwort B. A new reading chart for simultaneous determination of reading vision and reading speed. *Klinische Monatsblätter für Augenheilkunde*. 1998;213:174–181. <https://doi.org/10.1055/s-2008-1034969>.
13. Mansfeld J.S., Atilgan N., Lewis A.M., Legge G.E. Extending the MNREAD sentence corpus: Computer-generated sentences for measuring visual performance in reading. *Vision Research*. 2019;158:11–18. <https://doi.org/10.1016/j.visres.2019.01.010>
14. Семенович А.В. Межполушарное взаимодействие: хрестоматия. М.: Генезис, 2018. 496 с.
15. Левашов О.В. Зрение, мозг, движение. М.: Союзкнига, 2018. 124 с.
16. Lawton T. Increasing visual timing by movement discrimination exercises improves reading fluency, attention span, and memory retention in dyslexics. *Neurology and Neurosurgery*. 2019;2:1–8. <https://doi.org/10.15761/NNS.1000118>
17. Stein J. The current status of the magnocellular theory of developmental dyslexia. *Neuropsychologia*. 2019;130:66–77. <https://doi.org/10.1016/j.neuropsychologia.2018.03.022>
18. Bellocchi S., Leclercq V. Exploring the moderation effect of educational stage on visual magnocellular functioning linked to reading: a study in French primary school children. *Children*. 2021;8:68. <https://doi.org/10.3390/children8020068>
19. Maunsell J.H., Nealey T.A., De Priest D.D. Magnocellular and parvocellular contributions to responses in the middle temporal visual area (MT) of the macaque monkey. *J. Neurosci*. 1990;10:3323–3334.
20. Nassi J.J., Lyon D.C., Callaway E.M. The parvocellular LGN provides a robust disynaptic input to the visual motion area MT. *Neuron*. 2006;50:319–327. <https://doi.org/10.1016/j.neuron.2006.03.019>
21. Gori S., Cecchini P., Bigoni A., Molteni M., Facoetti, A. Magnocellular-dorsal pathway and sublexical route in developmental dyslexia. *Front. Hum. Neurosci*. 2014;8:460. <https://doi.org/10.3389/fnhum.2014.00460>
22. Hupe J.M., Payne A.C., Lomer B.R., Girad S.G., Bullier J. Cortical feedback improves discrimination between figure and background by V1, V2 and V3 neurons. *Nature*. 1998;394:784–787.
23. Vidyasagar T.R. Reading into neuronal oscillations in the visual system: implications for developmental dyslexia. *Front Hum Neurosci*. 2013;7:1–10. <https://doi.org/10.3389/fnhum.2013.00811>
24. Lawton T. Improving dorsal stream function in dyslexics by training figure/ground motion discrimination improves attention, reading fluency, and working memory. *Front Hum Neurosci*. 2016;10:397–414. <https://doi.org/10.3389/fnhum.2016.00397>
25. Galuschka K., Ise E., Krick K., Schulte-Körne G. Effectiveness of treatment approaches for children and adolescents with reading disabilities: a meta-analysis of randomized controlled trials. *PLoS ONE*. 2014;9(2):e89900. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0089900>
26. Henderson L.M., Taylor R.H., Barrett B.T., Griffiths P.G. Treating reading difficulties with colour. *BMJ*. 2014;349:g5160. <https://doi.org/10.1136/bmj.g5160>
27. Bucci M.P., Bremond-Gignac D., Kapoula Z. Poor binocular coordination of saccades in dyslexic children. *Graefes Arch Clin Exp Ophthalmol*. 2008;246:417–428.
28. Daniel F., Morize A., Bremond-Gignac D., Kapoula Z. Benefits from vergence rehabilitation: Evidence for improvement of reading saccades and fixations. *Front. Integr. Neurosci*. 2016;10:33–39. <https://doi.org/10.3389/fnint.2016.00033>
29. Kapoula Z., Chaturvedi A., Pain E., Morize A., Palpanas T., Peng B., Cignac D.B. Efficient rehabilitation of vergence accommodation in children: A case study. *J Clin Stud Med Case Rep*. 2019;6:074. <https://doi.org/10.24966/CSMC-8801/100074>
30. Ward L.M., Kapoula Z. Differential diagnosis of vergence and saccade disorders in dyslexia. *Scientific Reports*. 2020;10:1–15. <https://doi.org/10.1038/s41598-020-79089-1>
12. Radner W., Willinger U., Obermayer W., Mudrich C., Eisenwort B. A new reading chart for simultaneous determination of reading vision and reading speed. *Klinische Monatsblätter für Augenheilkunde*. 1998;213:174–181. <https://doi.org/10.1055/s-2008-1034969>.
13. Mansfeld J.S., Atilgan N., Lewis A.M., Legge G.E. Extending the MNREAD sentence corpus: Computer-generated sentences for measuring visual performance in reading. *Vision Research*. 2019;158:11–18. <https://doi.org/10.1016/j.visres.2019.01.010>
14. Semenovich A.V. Inter-hemisphere interactions. Moscow: Genesis, 2018. 496 p. (In Russ.)
15. Levashov O.V. Vision, brain, movement. Moscow: Soyuzkniga, 2018. 124 p. (In Russ.)
16. Lawton T. Increasing visual timing by movement discrimination exercises improves reading fluency, attention span, and memory retention in dyslexics. *Neurology and Neurosurgery*. 2019;2:1–8. <https://doi.org/10.15761/NNS.1000118>
17. Stein J. The current status of the magnocellular theory of developmental dyslexia. *Neuropsychologia*. 2019;130:66–77. <https://doi.org/10.1016/j.neuropsychologia.2018.03.022>
18. Bellocchi S., Leclercq V. Exploring the moderation effect of educational stage on visual magnocellular functioning linked to reading: a study in French primary school children. *Children*. 2021;8:68. <https://doi.org/10.3390/children8020068>
19. Maunsell J.H., Nealey T.A., De Priest D.D. Magnocellular and parvocellular contributions to responses in the middle temporal visual area (MT) of the macaque monkey. *J. Neurosci*. 1990;10:3323–3334.
20. Nassi J.J., Lyon D.C., Callaway E.M. The parvocellular LGN provides a robust disynaptic input to the visual motion area MT. *Neuron*. 2006;50:319–327. <https://doi.org/10.1016/j.neuron.2006.03.019>
21. Gori S., Cecchini P., Bigoni A., Molteni M., Facoetti, A. Magnocellular-dorsal pathway and sublexical route in developmental dyslexia. *Front. Hum. Neurosci*. 2014;8:460. <https://doi.org/10.3389/fnhum.2014.00460>
22. Hupe J.M., Payne A.C., Lomer B.R., Girad S.G., Bullier J. Cortical feedback improves discrimination between figure and background by V1, V2 and V3 neurons. *Nature*. 1998;394:784–787.
23. Vidyasagar T.R. Reading into neuronal oscillations in the visual system: implications for developmental dyslexia. *Front Hum Neurosci*. 2013;7:1–10. <https://doi.org/10.3389/fnhum.2013.00811>
24. Lawton T. Improving dorsal stream function in dyslexics by training figure/ground motion discrimination improves attention, reading fluency, and working memory. *Front Hum Neurosci*. 2016;10:397–414. <https://doi.org/10.3389/fnhum.2016.00397>
25. Galuschka K., Ise E., Krick K., Schulte-Körne G. Effectiveness of treatment approaches for children and adolescents with reading disabilities: a meta-analysis of randomized controlled trials. *PLoS ONE*. 2014;9(2):e89900. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0089900>
26. Henderson L.M., Taylor R.H., Barrett B.T., Griffiths P.G. Treating reading difficulties with colour. *BMJ*. 2014;349:g5160. <https://doi.org/10.1136/bmj.g5160>
27. Bucci M.P., Bremond-Gignac D., Kapoula Z. Poor binocular coordination of saccades in dyslexic children. *Graefes Arch Clin Exp Ophthalmol*. 2008;246:417–428.
28. Daniel F., Morize A., Bremond-Gignac D., Kapoula Z. Benefits from vergence rehabilitation: Evidence for improvement of reading saccades and fixations. *Front. Integr. Neurosci*. 2016;10:33–39. <https://doi.org/10.3389/fnint.2016.00033>
29. Kapoula Z., Chaturvedi A., Pain E., Morize A., Palpanas T., Peng B., Cignac D.B. Efficient rehabilitation of vergence accommodation in children: A case study. *J Clin Stud Med Case Rep*. 2019;6:074. <https://doi.org/10.24966/CSMC-8801/100074>
30. Ward L.M., Kapoula Z. Differential diagnosis of vergence and saccade disorders in dyslexia. *Scientific Reports*. 2020;10:1–15. <https://doi.org/10.1038/s41598-020-79089-1>

31. Bucci M.P., Bui-Quoc E., Gerard C.L. The effect of a Stroop-like task on postural control in dyslexic children. *PLoS One*. 2013;8:e77920. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0077920>
32. Christian L.W., Nandakumar K., Hrynchak P.K., Irving E.L. Visual and binocular status in elementary school children with a reading problem. *Journal of Optometry*. 2017;11:160–166. <https://doi.org/10.1016/j.optom.2017.09.003>
33. Васильева Н.Н. Оценка бинокулярных зрительных функций у младших школьников с трудностями обучения чтению. *Альманах Новые исследования*. 2011;2:5–15.
34. Васильева Н.Н. Коррекция трудностей формирования навыка чтения у младших школьников в процессе развития бинокулярных зрительных функций. *Вестник ЧГПУ им. И. Я. Яковлева*. 2011;2(70):19–25.
35. Hussaindeen J.R., Shah P., Ramani K.K., Ramanujan L. Efficacy of vision therapy in children with learning disability and associated binocular vision anomalies. *Journal of Optometry*. 2018;11:40–48. <https://doi.org/10.1016/j.optom.2017.02.002>
36. Raghuram A., Gowrisankaran S., Swanson E. et al. Frequency of visual deficits in children with developmental dyslexia. *JAMA Ophthalmology*. 2018;136(10):1089–1095. <https://doi.org/10.1001/jamaophthalmol.2018.2797>
37. Yoliando F.T. A comparative study of dyslexia style guides in improving readability for people with dyslexia. *Advances in Social Science, Education and Humanities Research*. 2020;502:32–37. <https://doi.org/10.2991/assehr.k.201202.050>
38. Przekoracka-Krawczyk A., Brenk-krakowska A., Nawrot P., Rusiak P., Naskrecki R. Unstable binocular fixation affects reaction times but not implicit motor learning in dyslexia. *Invest Ophthalmol Vis Sci*. 2017;58:6470–6480. <https://doi.org/10.1167/iovs.16-21305>
39. Rae C., Lee M., Dixon A. et al. Metabolic abnormalities in developmental dyslexia detected by 1H magnetic resonance spectroscopy. *Lancet*. 1998;351:1849–1852.
40. Nicolson R.I., Fawcett A.J., Berry E.L., Jenkins I.H., Dean P., Brooks D.J. Association of abnormal cerebellar activation with motor learning difficulties in dyslexic adults. *Lancet*. 1999;353:1662–1667.
41. Leonard C.M., Lombardino L.J., Walsh K. et al. Anatomical risk factors that distinguish dyslexia from SLI predict reading skill in normal children. *J Commun Disord*. 2002;35:31.
42. Eckert M.A., Leonard C.M., Richards T.L., Aylward E.H., Thomson J., Berninger V.W. Anatomical correlates of dyslexia: frontal and cerebellar findings. *Brain*. 2003;126:482–494. <https://doi.org/10.1093/brain/awg026>
43. Чиркина Г.В., Русецкая М.Н. Визуальный тренажер. М.: Аркти, 2007. 8 с.
44. Bucci M.P., Bui-Quoc E., Gerard C.L. The effect of a Stroop-like task on postural control in dyslexic children. *PLoS One*. 2013;8:e77920. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0077920>
45. Christian L.W., Nandakumar K., Hrynchak P.K., Irving E.L. Visual and binocular status in elementary school children with a reading problem. *Journal of Optometry*. 2017;11:160–166. <https://doi.org/10.1016/j.optom.2017.09.003>
46. Vasilyeva N.N. Assessment of binocular visual functions in younger schoolchildren with reading learning difficulties. *Almanac New research*. 2011;2:5–15. (In Russ.)
47. Vasilyeva N.N. Correction of difficulties in formation of junior pupils reading skills in the process of binocular visual functions development. *Bulletin of the I.Ya. Yakovlev ChSPU*. 2011;2(70):19–25. (In Russ.)
48. Hussaindeen J.R., Shah P., Ramani K.K., Ramanujan L. Efficacy of vision therapy in children with learning disability and associated binocular vision anomalies. *Journal of Optometry*. 2018;11:40–48. <https://doi.org/10.1016/j.optom.2017.02.002>
49. Raghuram A., Gowrisankaran S., Swanson E. et al. Frequency of visual deficits in children with developmental dyslexia. *JAMA Ophthalmology*. 2018;136(10):1089–1095. <https://doi.org/10.1001/jamaophthalmol.2018.2797>
50. Yoliando F.T. A comparative study of dyslexia style guides in improving readability for people with dyslexia. *Advances in Social Science, Education and Humanities Research*. 2020;502:32–37. <https://doi.org/10.2991/assehr.k.201202.050>
51. Przekoracka-Krawczyk A., Brenk-krakowska A., Nawrot P., Rusiak P., Naskrecki R. Unstable binocular fixation affects reaction times but not implicit motor learning in dyslexia. *Invest Ophthalmol Vis Sci*. 2017;58:6470–6480. <https://doi.org/10.1167/iovs.16-21305>
52. Rae C., Lee M., Dixon A. et al. Metabolic abnormalities in developmental dyslexia detected by 1H magnetic resonance spectroscopy. *Lancet*. 1998;351:1849–1852.
53. Nicolson R.I., Fawcett A.J., Berry E.L., Jenkins I.H., Dean P., Brooks D.J. Association of abnormal cerebellar activation with motor learning difficulties in dyslexic adults. *Lancet*. 1999;353:1662–1667.
54. Leonard C.M., Lombardino L.J., Walsh K. et al. Anatomical risk factors that distinguish dyslexia from SLI predict reading skill in normal children. *J Commun Disord*. 2002;35:31.
55. Eckert M.A., Leonard C.M., Richards T.L., Aylward E.H., Thomson J., Berninger V.W. Anatomical correlates of dyslexia: frontal and cerebellar findings. *Brain*. 2003;126:482–494. <https://doi.org/10.1093/brain/awg026>
56. Chirkina G.V., Rusetskaya M.N. Visual simulator. Moscow: Arkti, 2007. 8 p. (In Russ.)

Сведения об авторах

Рычкова Светлана Игоревна, кандидат медицинских наук, врач-офтальмолог, ведущий научный сотрудник лаборатории «Зрительные системы» Института проблем передачи информации им. А.А. Харкевича РАН; доцент кафедры глазных болезней Медико-биологического университета инноваций и непрерывного образования ФГБУ «Государственный научный центр Российской Федерации – Федеральный медицинский биофизический центр им. А.И. Бурназяна» ФМБА России; e-mail: lana.rych@mail.ru; ORCID: 0000-0001-6764-8950.

Лихванцева Вера Геннадьевна, доктор медицинских наук, профессор кафедры офтальмологии Академии постдипломного образования ФГБУ «Федеральный научно-клинический центр специализированных видов медицинской помощи и медицинских технологий Федерального медико-биологического агентства», старший научный сотрудник ФГБУ «Государственный научный центр Российской Федерации – Федеральный медицинский биофизический центр им. А.И. Бурназяна» ФМБА России; e-mail: likhvantseva-4@yandex.ru; ORCID: 0000-0003-2708-7217.

Information about the authors

Svetlana I. Rychkova, Cand. Sci. (Med.), ophthalmologist, leading researcher of the laboratory of vision physiology, Kharkevich Institute for Information Transmission Problems of the RAS; Department of eye diseases of the Medico-biological University of Innovation and Continuing Education of Russian State Research Center – Burnasyan Federal Medical Biophysical Center of Federal Medical Biological Agency; e-mail: lana.rych@mail.ru; ORCID: 0000-0001-6764-8950.

Vera G. Likhvantseva, Dr. Sci. (Med.), Professor of the Ophthalmological Department, Academy of Postgraduate Education of the Federal Scientific and Clinical Center for Specialized Medical Assistance and Medical Technologies of Federal Medical Biological Agency of Russia, Senior Research Fellow of Russian State Research Center – Burnasyan Federal Medical Biophysical Center of Federal Medical Biological Agency; e-mail: likhvantseva-4@yandex.ru; ORCID: 0000-0003-2708-7217.