

УДК 617.75-053.5:612.843.35

<https://doi.org/10.33791/2222-4408-2024-1-12-25>

Влияние цветового фона на зрительное восприятие текста у детей с офтальмопатологией

С.И. Рычкова^{1,2,*}, Т.Д. Абугова³, В.Г. Лихванцева⁴, Р.И. Сандимиров⁵¹ ФГБУН «Институт проблем передачи информации им. А.А. Харкевича» РАН, 127051, Российская Федерация, г. Москва, Большой Каретный пер., д. 19² 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, г. Москва, ул. Гамалеи, д. 15³ Центр цветокоррекции группы компаний «Оптик Сити», 119180, Российская Федерация, Москва, ул. Большая Полянка, д. 30⁴ Академия постдипломного образования ФБГУ «Федеральный научно-клинический центр специализированных видов медицинской помощи и медицинских технологий Федерального медико-биологического агентства», 125371, Российская Федерация, г. Москва, Волоколамское ш., д. 91⁵ ФГАОУ ВО «Российский национальный исследовательский медицинский университет им. Н.И. Пирогова» Минздрава России, 117997, Российская Федерация, г. Москва, ул. Островитянова, д. 1

* e-mail: lana.rych@mail.ru

Резюме

Актуальность. Функциональная и органическая офтальмопатология может являться причиной трудностей чтения у детей. Одним из перспективных направлений в отношении помощи таким пациентам являются цветодиагностика и цветокоррекция. Однако публикаций, посвященных этой проблеме, в настоящее время крайне мало. **Цель:** определить наиболее эффективный способ оценки влияния цвета на остроту зрения и скорость чтения у детей с офтальмопатологией. **Материалы и методы.** Наблюдали 51 школьника в возрасте от 10 до 16 лет: 1) 17 детей контрольной группы с высокой остротой зрения; 2) 17 детей с двусторонней амблиопией слабой степени; 3) 17 детей с врожденной частичной атрофией зрительного нерва (ЧАЗН) обоих глаз. Для исследования влияния цветового фона на зрительное восприятие во всех группах использовали: 1) тест Б. Бурдона с бумагой разного цвета; 2) оценку остроты зрения стандартным тестом и при наложении цветных пленок; 3) оценку скорости чтения слов на белом фоне и при наложении цветных пленок. **Результаты.** Показатели объема внимания по тесту Б. Бурдона с розовым фоном были ниже в группе детей с ЧАЗН по сравнению с детьми с амблиопией ($p = 0,012$). Наблюдали достоверно меньший объем внимания с голубым фоном в группе детей с ЧАЗН по сравнению с контрольной группой ($p = 0,04$). Использование индивидуально подобранных цветных пленок у 64,7% детей с амблиопией и 76,5% детей с ЧАЗН позволяло повысить остроту зрения для близи на 0,1–0,2, а также увеличить скорость чтения на 17,6–19,2% у амблиопов и на 31,1–31,2% у детей с ЧАЗН. **Выводы.** Использование цветных пленок является наиболее эффективным и удобным способом оценки влияния цвета на зрительные функции. Индивидуальный подбор цветных пленок у большинства детей с амблиопией и ЧАЗН повышает остроту зрения для близи и позволяет увеличить скорость чтения.

Ключевые слова: трудности чтения, амблиопия, частичная атрофия зрительного нерва, скорость чтения, цветокоррекция

Конфликт интересов: авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

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

Для цитирования: Рычкова СИ, Абугова ТД, Лихванцева ВГ, Сандимиров РИ. Влияние цветового фона на зрительное восприятие текста у детей с офтальмопатологией. The EYE ГЛАЗ. 2024;26(1):12–25. doi: 10.33791/2222-4408-2024-1-12-25

Поступила: 14.05.2023

Принята после доработки: 25.01.2024

Принята к публикации: 29.01.2024

Опубликована: 30.03.2024

Effect of background color on visual perception of text in children with ophthalmopathy

Svetlana I. Rychkova^{1,2,*}, Tamara D. Abugova³, Vera G. Likhvantseva⁴, Roman I. Sandimirov⁵

¹ Kharkevich Institute for Information Transmission Problems, 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 Color Correction Center of “Optic City” Group of Companies, 30, Bolshaya Polyanka Str., Moscow, 119180, 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, Volokolamskoye Highway, Moscow, 125371, Russian Federation

⁵ Pirogov Russian National Research Medical University, 1, Ostrovityanova Str., Moscow, 117997, Russian Federation

* e-mail: lana.rych@mail.ru

Abstract

Background: Functional and organic ophthalmopathy can cause reading difficulties in children. Color diagnostics and color correction represent promising areas in the care of such patients. However, there are currently very few publications devoted to this topic. **Purpose:** The aim is to determine the most effective Methods for assessing the effect of color on visual acuity and reading speed in children with ophthalmopathy. **Materials and methods:** A total of 51 schoolchildren aged 10 to 16 years were observed, divided into: 1) 17 children the control group with high visual acuity; 2) 17 children with mild bilateral amblyopia; 3) 17 children with congenital partial atrophy of the optic nerve of both eyes (PAON). To study the effect of the color background on visual perception in all groups, we used: 1) the B. Bourdon test with paper of different colors; 2) assessment of visual acuity with a standard test and with colored overlays; 3) reading speed assessment on a white background and with colored overlays. **Results:** Indicators of the volume of attention according to the B. Bourdon test with a pink background were lower in the group of children with PAON compared with children with amblyopia ($p = 0.012$). Significantly less attention with a blue background was observed in the group of children with PAON compared with the control group ($p = 0.04$). The use of individually selected color overlays allowed 64.7 % of children with amblyopia and 76.5 % of children with PAON to increase visual acuity for close range by 0.1–0.2, as well as increase reading speed by 17.6–19.2 % in amblyopes and by 31.1–31.2 % in children with PAON. **Conclusion:** The use of color overlays is the most effective and convenient method for assessing the impact of color on visual functions. The individual selection of color overlays in most children with amblyopia and PAON improves visual acuity for close range and increases reading speed.

Keywords: Reading difficulties, amblyopia, partial atrophy of the optic nerve, reading speed, color correction

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 SI, Abugova TD, Likhvantseva VG, Sandimirov RI. Effect of background color on visual perception of text in children with ophthalmopathy. The EYE GLAZ. 2024;26(1):12–25. doi: 10.33791/2222-4408-2024-1-12-25

Received: 14.05.2023

Accepted: 15.01.2024

Accepted for publishing: 29.01.2024

Published: 30.03.2024

Хорошая способность к чтению является основой успешного обучения детей в школе и дальнейшей их адаптации к требованиям современного общества. Между тем, функциональная и органическая офтальмопатология, сопровождающаяся снижением остроты зрения и контрастной чувствительности, может являться причиной трудностей чтения у детей и взрослых [1–8].

Одним из перспективных направлений в отношении помощи пациентам с трудностями чтения различного происхождения является цветодиагностика и цветокоррекция. Данный способ приобретает в последние годы все большую популярность и заключается в индивидуальном подборе цвета специальных тонированных очковых линз и накла-

дывающихся на текст окрашенных пленок с целью исправления нарушений обработки мозгом зрительно-пространственной информации [2–4, 9–12]. В литературе имеется уже довольно большое количество сообщений о положительных результатах, достигнутых у пациентов различного возраста благодаря использованию цвета в коррекции нарушений чтения [2–4, 9–12]. Однако публикаций с данными статистического анализа состояния зрительных функций и способности к чтению в зависимости от цветового фона к настоящему времени еще крайне мало.

Цель: определить наиболее эффективный способ оценки влияния цвета на остроту зрения и скорость чтения у детей с офтальмопатологией.

Материалы и методы

Наблюдали 51 школьника в возрасте от 10 до 16 лет, которые после стандартного офтальмологического обследования были разделены на три группы: 1) 17 детей контрольной группы (средний возраст – $12,3 \pm 0,5$ года) с остротой зрения каждого глаза не ниже 0,9 (у двух детей с эметропией – некорригированной, у остальных детей с аметропией слабой степени – корригированной); 2) 17 детей с двусторонней амблиопией слабой степени (средний возраст – $13,6 \pm 0,5$ года); 3) 17 детей с врожденной частичной атрофией зрительного нерва (ЧАЗН) обоих глаз (средний возраст – $13,1 \pm 0,5$ года).

В контрольной группе рефракция была эметропической у 2 детей, у 11 детей наблюдалась миопия слабой степени и у 4 детей – гиперметропия слабой степени. Состояние глазного дна, положение зрительных осей и показатели бинокулярных зрительных функций у всех детей данной группы были в норме. Соотношение количества мальчиков и девочек составляло 9/8 соответственно.

В группе детей с амблиопией корригированная острота зрения лучше видящего глаза составляла $0,73 \pm 0,02$, хуже видящего глаза – $0,62 \pm 0,02$. Рефракция была гиперметропической (с астигматизмом) у 9 детей, миопической (с астигматизмом) – у 5, смешанный астигматизм наблюдался у 3. Амблиопия у 3 детей была дисбинокулярной, в остальных случаях – рефракционной. Соотношение количества мальчиков и девочек в этой группе составляло 9/8 соответственно.

В группе детей с ЧАЗН пациенты имели характерную для данного заболевания офтальмоскопическую картину глазного дна и соответствующие показатели ЭФИ. Острота зрения лучше видящего глаза составляла $0,3 \pm 0,03$, хуже видящего глаза – $0,2 \pm 0,03$. Рефракция была гиперметропической (с астигматизмом) у 7 детей, миопической (с астигматизмом) – у 6, смешанный астигматизм диагностирован у 4. Косоглазие на фоне ЧАЗН выявлено у 5 детей (в 4 случаях – сходящееся и у одного ребенка – расходящееся). Соотношение количества мальчиков и девочек составило 11/6 соответственно.

Все обследованные дети имели нормальное цветовосприятие по таблицам Е.Б. Рабкина и Neitz-test. Согласно результатам опроса ни у кого из них не наблюдали таких явных признаков дислексии, как искажение в разных зонах текста, «затертый текст», выпадение участков букв, неровность строк [4]. При этом дети с ЧАЗН отмечали зрительную утомляемость при несоблюдении режима зрительных нагрузок, включающего минимальное время использования гаджетов, перерывы при чтении через каждые 20 минут и другие стандартные рекомендации.

На **первом этапе исследования** в качестве корректурной пробы использовали тест Б. Бурдона, представляющий собой 40 строк букв (по 40 букв в каждой строке, всего 1600 букв) [13–18]. Буквы в каждой строке были набраны в случайном порядке

с одинарным промежутком между буквами (шрифт Arial, кегль 16, междустрочный интервал 1,0).

Задачей ребенка было, просматривая слева направо каждую строчку с буквами, вычеркнуть или обвести (по желанию ребенка) заданную (эталонную) букву. В качестве эталонных использовали пять букв, задаваемых в случайном порядке: «а», «в», «н», «с», «о». В конце каждой минуты выполнения задания ставили вертикальную полосу там, где ребенок остановился взглядом. Время выполнения было ограничено и составляло не более 5 минут. Если ребенок справлялся с заданием быстрее, чем за 5 минут, отмечали это время.

По результатам выполнения теста оценивали объем, концентрацию и устойчивость внимания.

Объем внимания оценивали по общему количеству просмотренных букв.

Концентрацию внимания оценивали в баллах по формуле: $K = 2 \frac{C}{\Pi}$, где C – число строк, просмотренных испытуемым, Π – количество ошибок (пропусков или ошибочных зачеркиваний). Чем больше получившаяся цифра, тем выше концентрация.

Устойчивость внимания оценивали в баллах по изменению скорости просмотра на протяжении всего задания. Результаты подсчитывали для каждой 60 секунд по формуле: $A = S/t$, где A – темп выполнения, S – количество просмотренных букв, t – время выполнения. Разницу между наибольшим и наименьшим получившимися значениями считали показателем устойчивости внимания. Результаты устойчивости внимания оценивали следующим образом: 0–2 – очень высокая, 3–4 – высокая, 5–6 – средняя, 7–8 – низкая, 9–10 – очень низкая.

Для исследования влияния цветового фона на выполнение корректурной пробы у всех обследуемых детей использовали белую и цветную бумагу IQ Color со следующими характеристиками цвета: желтый (YE23), зеленый (MG28), голубой (MB30), розовый (PI25).

Исследования проводили с перерывами в 1–2 дня при одинаковом освещении 500 лк в условиях оптимальной очковой коррекции для близи (при наличии аметропии). Для уточнения оптической коррекции для близи использовали классический дуохромный тест. Эталонные буквы и цвет бумаги меняли в случайном порядке (рис. 1).

На **втором этапе исследования** оценивали остроту зрения по стандартной таблице для близи (тестовые тексты, соответствующие остроте зрения от 0,1 до 1,0 на белом фоне) и при наложении на стандартную таблицу цветных пленок (накладок) для создания определенного цветового тона.

В качестве цветных пленок использовали набор ReadEZ Swatch, включающий 12 ацетатных прозрачных пленок размером 21×7 см. В соответствии с цветовым кругом системы HSL цветовой тон (H) каждой пленки отличается от следующей примерно на 30 градусов [2–4, 9–12]. При наложении на белый фон насыщенность (S) каждой пленки соответствует 100% при яркости (L) 50% (рис. 2, 3).

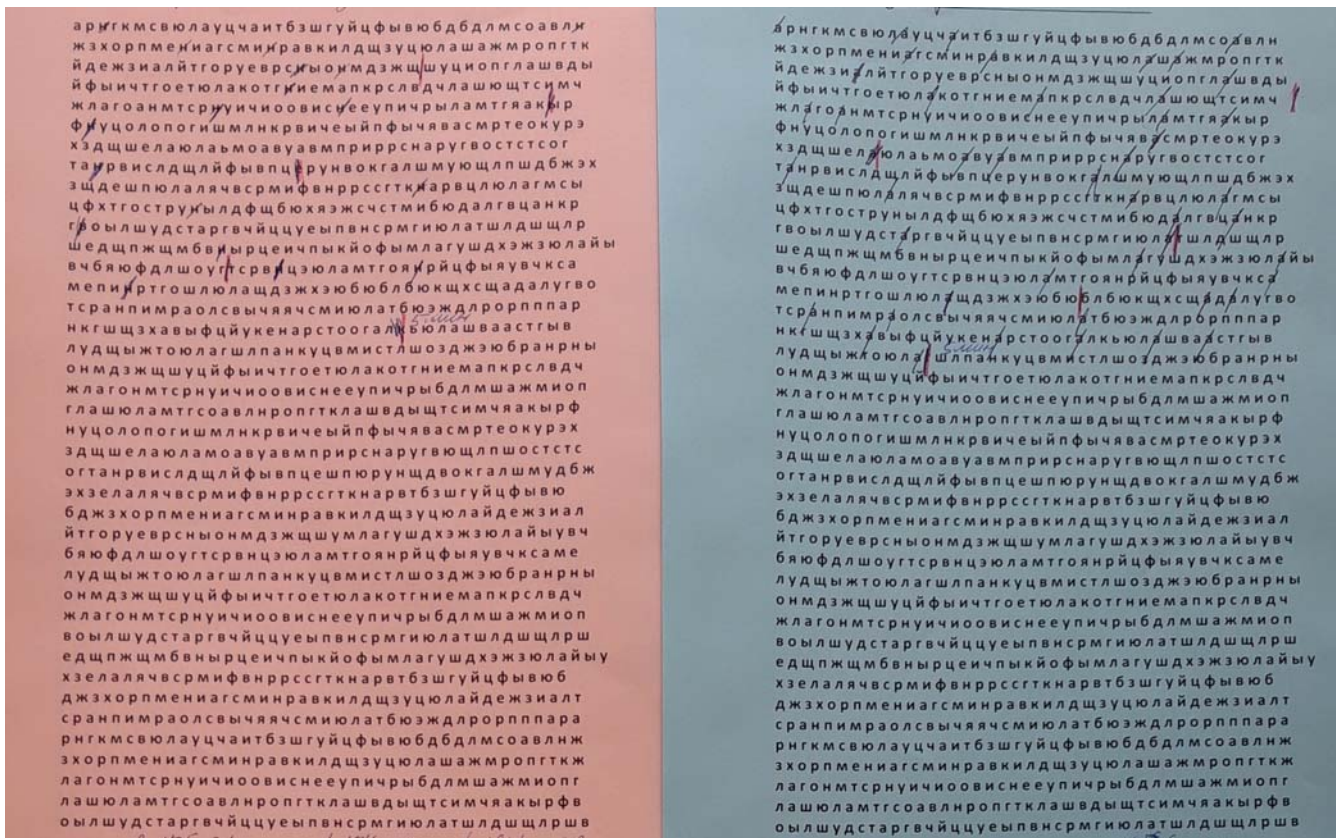


Рис. 1. Примеры выполненной корректурной пробы на страницах разного цвета ребенком с ЧАЗН
Fig. 1. Examples of a proofreading test performed on pages of various colors by a child with PAON



Рис. 2. Набор цветных пленок ReadEZ Swatch
Fig. 2. A set of colored overlays ReadEZ Swatch

Так же как и корректурные пробы, исследование с цветными пленками проводили у всех детей в одинаковых условиях, при равномерном освещении 500 лк и оптимальной очковой коррекции для близи (при наличии аметропии), подобранной также с использованием классического дуохромного теста.

На третьем этапе исследования в тех же группах пациентов проводили оценку скорости чтения (количество прочитанных слов за минуту), используя вариант (с русскими словами) теста A. J. Wilkins [9].

Тест включал 150 коротких слов (15 слов в строке, 10 строк), напечатанных на белой странице 16-м шрифтом (учитывая низкую остроту зрения у детей с ЧАЗН). Задачей ребенка было правильно прочи-

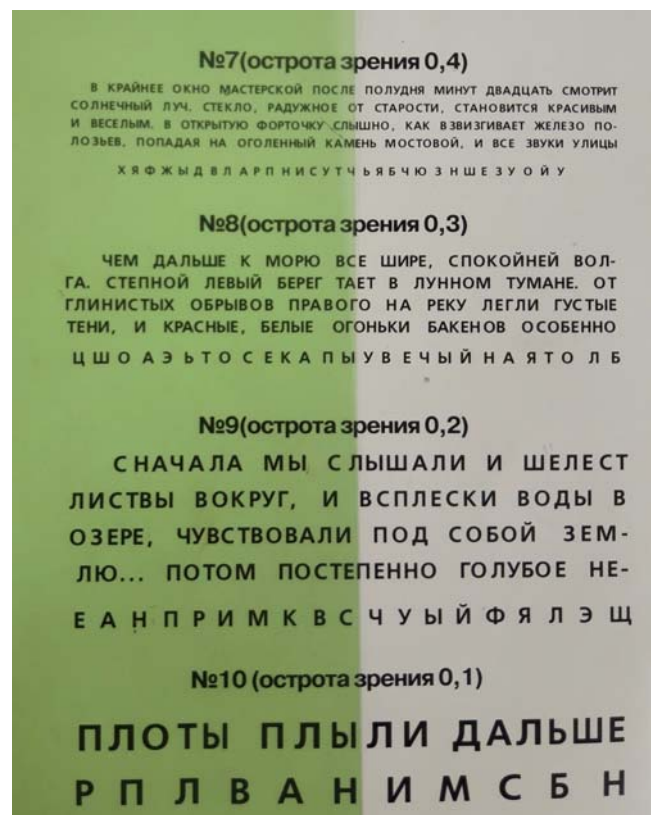


Рис. 3. Стандартная таблица для оценки остроты зрения на близком расстоянии с наложением цветной пленки
Fig. 3. Standard table for assessing visual acuity at close distance with a color overlay

1

мяч	дом	ель	сад	сон	день	гром	стол	эхо	гриб	шум	дым	сон	плот	ночь
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15
мёд	год	лес	кран	мох	лань	тень	пруд	уж	снег	след	чай	лёд	волк	шмель
16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30
стул	рама	зонг	шум	зал	таз	лиса	нора	лист	куст	окно	луг	вода	тон	зной
31	32	33	34	35	36	37	38	39	40	41	42	43	44	45
яма	пень	кит	скат	круг	лето	май	хлеб	путь	жук	сыр	утка	небо	джем	нож
46	47	48	49	50	51	52	53	54	55	56	57	58	59	60
руль	рой	часы	уха	трон	сосна	яхта	юг	лев	звук	суп	гора	заря	маяк	вал
61	62	63	64	65	66	67	68	69	70	71	72	73	74	75
слон	мель	свет	фара	лаз	шкаф	юрта	рыба	кино	два	кедр	лом	йод	ум	пол
76	77	78	79	80	81	82	83	84	85	86	87	88	89	90
март	шрк	шар	конь	роза	сеть	река	кекс	рис	коза	вход	сок	ключ	каша	соль
91	92	93	94	95	96	97	98	99	100	101	102	103	104	105
лак	грч	лук	вид	глаз	люк	лифт	канат	стих	крюк	дрель	поэт	ноты	ёж	сом
106	107	108	109	110	111	112	113	114	115	116	117	118	119	120
друг	бег	край	слух	зима	риф	смех	пёс	ряд	улей	заяц	крот	шест	ноль	веер
121	122	123	124	125	126	127	128	129	130	131	132	133	134	135
мех	тигр	стая	пчела	зуб	стена	штора	дело	клов	мел	сила	час	перо	сто	клоп
136	137	138	139	140	141	142	143	144	145	146	147	148	149	150

2

мяч	дом	ель	сад	сон	день	гром	стол	эхо	гриб	шум	дым	сон	плот	ночь
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15
мёд	год	лес	кран	мох	лань	тень	пруд	уж	снег	след	чай	лёд	волк	шмель
16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30
стул	рама	зонг	шум	зал	таз	лиса	нора	лист	куст	окно	луг	вода	тон	зной
31	32	33	34	35	36	37	38	39	40	41	42	43	44	45
яма	пень	кит	скат	круг	лето	май	хлеб	путь	жук	сыр	утка	небо	джем	нож
46	47	48	49	50	51	52	53	54	55	56	57	58	59	60
руль	рой	часы	уха	трон	сосна	яхта	юг	лев	звук	суп	гора	заря	маяк	вал
61	62	63	64	65	66	67	68	69	70	71	72	73	74	75
слон	мель	свет	фара	лаз	шкаф	юрта	рыба	кино	два	кедр	лом	йод	ум	пол
76	77	78	79	80	81	82	83	84	85	86	87	88	89	90
март	шрк	шар	конь	роза	сеть	река	кекс	рис	коза	вход	сок	ключ	каша	соль
91	92	93	94	95	96	97	98	99	100	101	102	103	104	105
лак	грч	лук	вид	глаз	люк	лифт	канат	стих	крюк	дрель	поэт	ноты	ёж	сом
106	107	108	109	110	111	112	113	114	115	116	117	118	119	120
друг	бег	край	слух	зима	риф	смех	пёс	ряд	улей	заяц	крот	шест	ноль	веер
121	122	123	124	125	126	127	128	129	130	131	132	133	134	135
мех	тигр	стая	пчела	зуб	стена	штора	дело	клов	мел	сила	час	перо	сто	клоп
136	137	138	139	140	141	142	143	144	145	146	147	148	149	150

Рис. 4. Тестовые стимулы для оценки скорости чтения на белом фоне (1) и с наложением цветной наклейки (2)
Fig. 4. Test stimuli for evaluating reading speed on a white background (1) and with a color overlay (2)

тать как можно больше слов за одну минуту. У детей с выявленным на предыдущем этапе исследования улучшением остроты зрения при наложении цветных пленок сравнивали скорость чтения тестовых слов на белом фоне и при наложении именно той пленки, цвет которой улучшал остроту зрения. В тех случаях когда улучшение четкости видения текста не было выявлено на предыдущем этапе исследования, оценивали только скорость чтения слов на белом фоне. Очередность предъявления теста на белом фоне и на цветном меняли в случайном порядке. Через 1–2 дня проводили повторное исследование (ретест), и если при первом исследовании предъявляли тест сначала на белом фоне, а затем на цветном – то при повторном исследовании порядок меняли: сначала на цветном фоне, затем на белом, чтобы минимизировать влияние тренировки. С этой же целью при повторном исследовании использовали вариант теста с теми же словами, но в другом порядке (рис. 4).

Исследование проводили на базе специальной школы-интерната для детей с офтальмопатологией г. Москвы с декабря 2022 по апрель 2023 г. Добровольное информированное согласие было получено от всех пациентов или их законных представителей.

Статистическую обработку полученных данных проводили при помощи программы SPSS, использовали оценку достоверности связанных выборок (по W-test) и несвязанных выборок (по U-test), корреляционный и графический анализ.

Результаты

Результаты оценки количества просмотренных букв на бумаге разных цветов в трех группах детей представлены на диаграммах (рис. 5–7).

При сравнении количества просмотренных букв на разном фоне во всех трех группах не было обнаружено достоверных различий ($p > 0,05$).

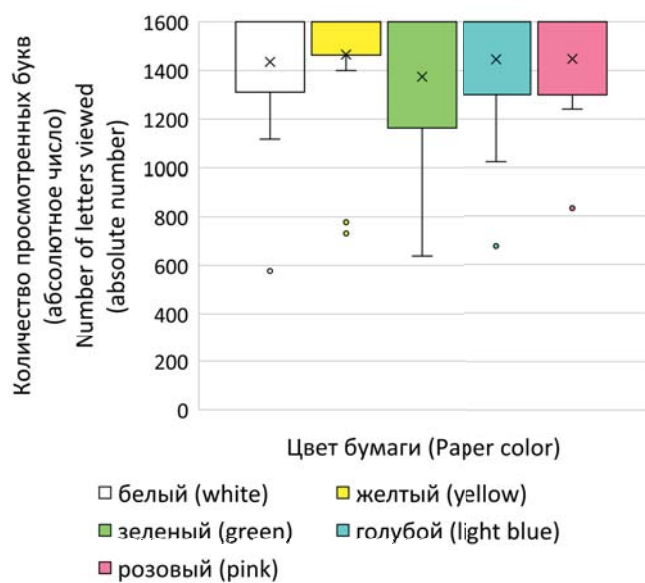


Рис. 5. Количество просмотренных букв в текстах, распечатанных на бумаге разных цветов, в контрольной группе
Fig. 5. The number of viewed letters in texts printed on paper of different colors in the control group

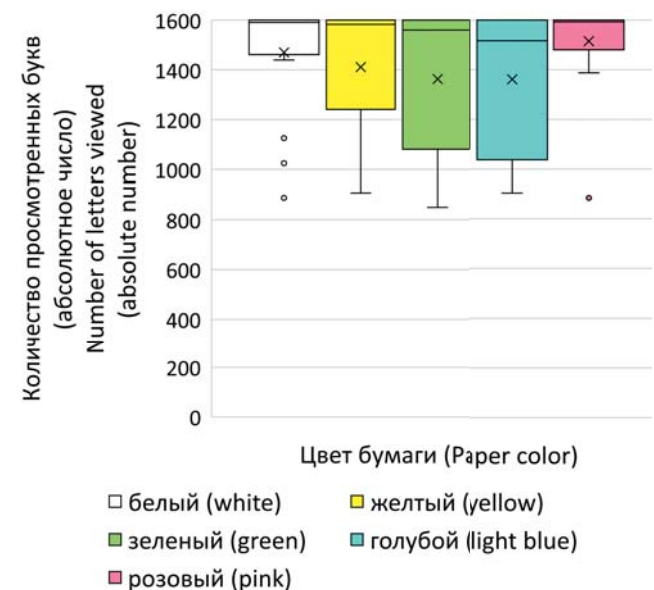


Рис. 6. Количество просмотренных букв в текстах, распечатанных на бумаге разных цветов, в группе детей с амблиопией
Fig. 6. The number of viewed letters in texts printed on paper of different colors in a group of children with amblyopia

Межгрупповое сравнение показало отсутствие достоверной разницы между показателями детей с амблиопией и контрольной группы ($p > 0,05$).

Сопоставление показателей детей с амблиопией и с ЧАЗН выявило достоверно меньшее просмотренное количество знаков на розовом фоне в группе детей с ЧАЗН ($p = 0,012$). С остальными цветами достоверной разницы не выявлялось ($p > 0,05$).

Сравнение показателей контрольной группы и детей с ЧАЗН демонстрирует достоверно меньшее

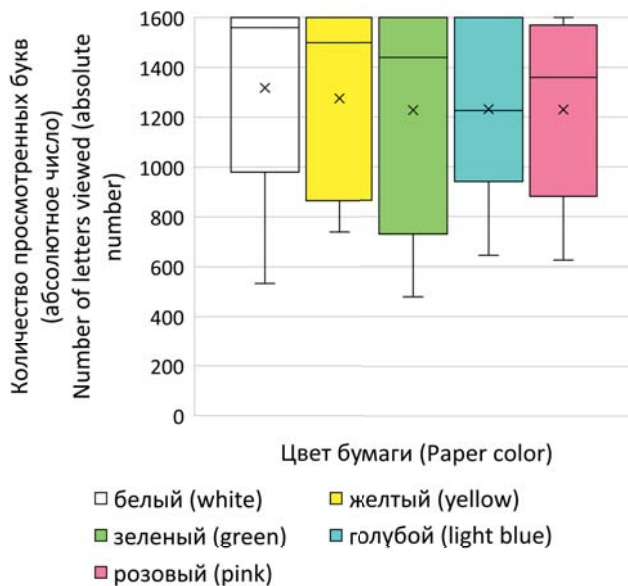


Рис. 7. Количество просмотренных букв в тестах, распечатанных на бумаге разных цветов, в группе детей с ЧАЗН
Fig. 7. The number of viewed letters in texts printed on paper of different colors in a group of children with PAON

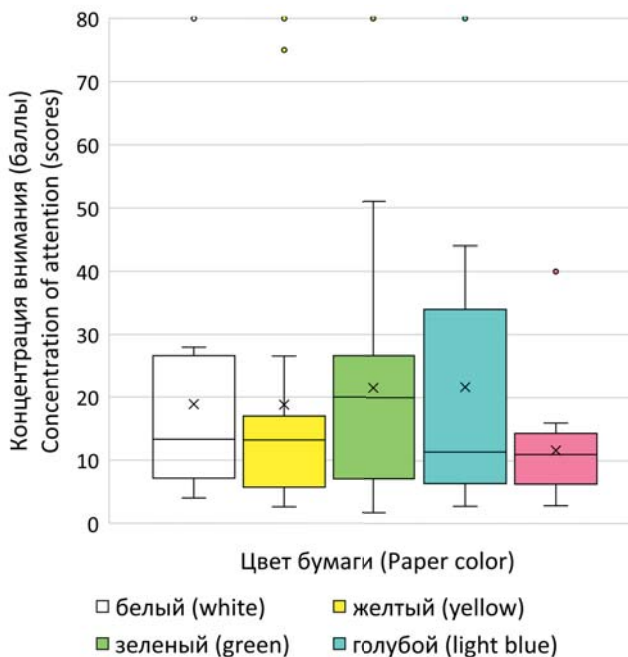


Рис. 9. Показатели концентрации внимания в тестах, распечатанных на бумаге разных цветов, в группе детей с амблиопией
Fig. 9. Concentration indicators in tests printed on paper of different colors in a group of children with amblyopia

количество просмотренных букв на голубом фоне в группе детей с ЧАЗН ($p = 0,04$). С бумагой других цветов на диаграмме видна статистическая тенденция к уменьшению количества просмотренных букв у детей с ЧАЗН по сравнению с детьми контрольной группы, но разница не является достоверной ($p > 0,05$).

Результаты оценки концентрации внимания (в баллах) также представлены на диаграммах (рис. 8–10).

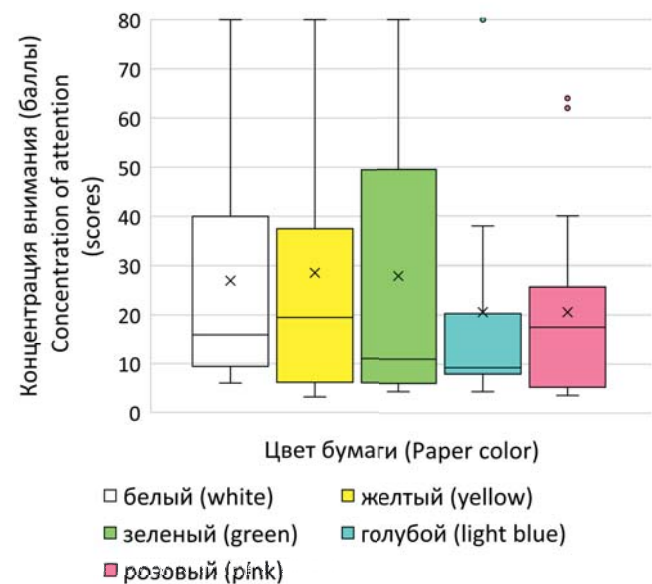


Рис. 8. Показатели концентрации внимания в тестах, распечатанных на бумаге разных цветов, в контрольной группе
Fig. 8. Indicators of concentration of attention in texts printed on paper of different colors in the control group

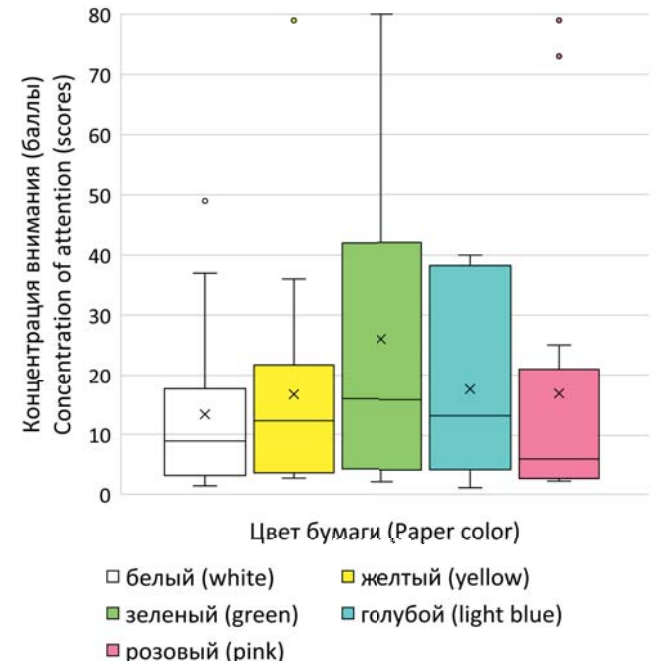


Рис. 10. Показатели концентрации внимания в тестах, распечатанных на бумаге разных цветов, в группе детей с ЧАЗН
Fig. 10. Indicators of in texts printed on paper of different colors in a group of children with PAON

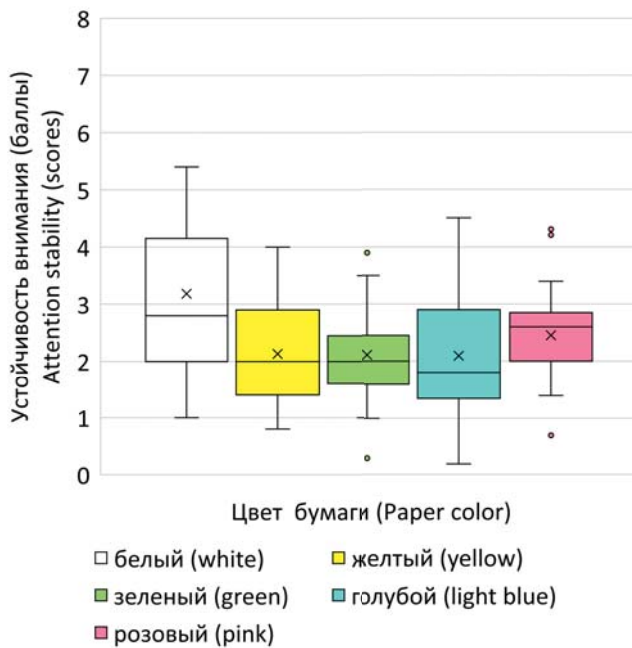


Рис. 11. Показатели устойчивости внимания в тестах, распечатанных на бумаге разных цветов, в контрольной группе детей

Fig. 11. Indicators of attention stability in texts printed on paper of different colors in the control group of children

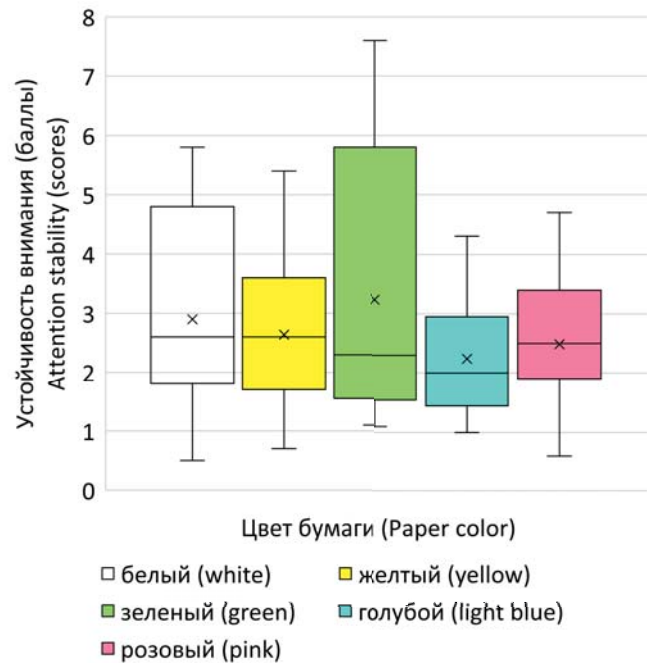


Рис. 12. Показатели устойчивости внимания в тестах, распечатанных на бумаге разных цветов, в группе детей с амблиопией

Fig. 12. Indicators of attention stability in tests printed on paper of different colors in a group of children with amblyopia

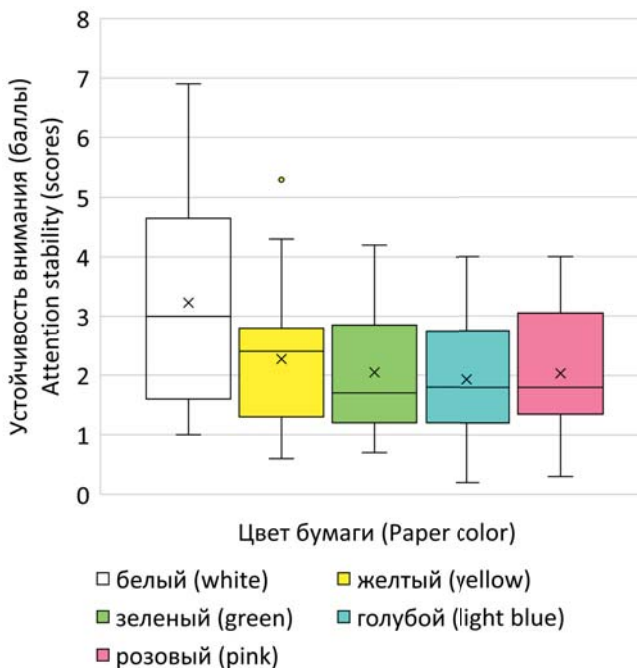


Рис. 13. Показатели устойчивости внимания в тестах, распечатанных на бумаге разных цветов, в группе детей с ЧАЗН

Fig. 13. Indicators of attention stability in tests printed on paper of different colors in a group of children with PAON

В контрольной группе достоверной разницы показателей концентрации внимания при выполнении задания на бумаге разных цветов выявлено не было ($p > 0,05$).

В группе детей с ЧАЗН сравнение показателей концентрации внимания показало достоверно

меньшие значения при выполнении задания на розовом фоне, чем на зеленом ($p = 0,01$).

В группе с амблиопией наблюдали достоверно меньшие показатели на розовом фоне по сравнению с зеленым ($p = 0,025$) и голубым ($p = 0,033$).

При межгрупповом сравнении выявлены достоверно меньшие показатели при выполнении теста на белом фоне в группе детей с ЧАЗН по сравнению с контрольной группой ($p = 0,031$). При сравнении показателей между контрольной группой и группой детей с амблиопией, а также между группами детей с амблиопией и с ЧАЗН достоверная разница показателей не выявлена ($p > 0,05$), хотя на диаграммах можно отметить статистическую тенденцию к более высоким показателям у детей контрольной группы по сравнению с детьми с амблиопией.

Показатели устойчивости внимания (в баллах) представлены на следующих диаграммах (рис. 11–13).

При сравнении показателей устойчивости внимания в контрольной группе детей они были достоверно выше на белом фоне, чем на желтом ($p = 0,009$), зеленом ($p = 0,023$) и голубом ($p = 0,012$), и сопоставимы с розовым фоном ($p = 0,12$).

В группе детей с амблиопией показатели устойчивости внимания при выполнении теста на разных фонах были статистически сопоставимы ($p > 0,05$).

В группе детей с ЧАЗН устойчивость внимания на белом фоне была статистически сопоставимой с устойчивостью на желтом ($p = 0,08$), достоверно меньше на зеленом ($p = 0,02$), голубом ($p = 0,04$) и розовом ($p = 0,02$) фонах.

При межгрупповом сравнении показателей устойчивости внимания при выполнении теста на разных фонах достоверной разницы выявлено не было.

Сравнивая внутригрупповые и межгрупповые показатели теста Б. Бурдона с фонами разных цветов, нужно отметить их довольно большую индивидуальную вариабельность. Это может быть причиной отсутствия статистической достоверности в сравниваемых средних значениях и медианах.

Результаты корреляционного анализа показателей зрительного внимания по результатам теста Б. Бурдона (объем, концентрация и устойчивость внимания) в каждой группе детей представлены в табл. 1.

В контрольной группе детей была выявлена достоверная средняя положительная корреляция между объемом и устойчивостью внимания для зеленого фона.

В группе детей с амблиопией выявили достоверную среднюю положительную корреляцию между объемом и устойчивостью внимания для желтого и голубого фонов, а также между концентрацией и устойчивостью внимания для белого фона.

В группе детей с ЧАЗН наблюдали достоверную положительную корреляцию между объемом и устойчивостью внимания – сильную для зеленого фона и среднюю для голубого.

Результаты оценки бинокулярной остроты зрения при использовании стандартного теста для близости (на белом фоне) и при наложении на него цветных пленок представлены в табл. 2.

В контрольной группе бинокулярная острота зрения с тестом на белом фоне соответствовала 1,0, при этом трое отмечали некоторое субъективное повышение четкости текста при использовании цветных накладок желто-зеленых (у двух детей) и розовых (у одного ребенка) тонов.

У детей с амблиопией бинокулярная острота зрения (с коррекцией для близости) при использовании белого фона составляла от 0,4 до 0,8 (в среднем $0,69 \pm 0,04$), у детей с ЧАЗН – от 0,2 до 0,7 (в среднем $0,41 \pm 0,03$).

У детей как с амблиопией, так и с ЧАЗН повышение или снижение остроты зрения при наложении

Таблица 1. Результаты корреляционного анализа показателей теста Б. Бурдона в исследуемых группах детей
Table 1. Results of correlation analysis of B. Bourdon's test indicators in the studied groups of children

Цвет фона Background color	Корреляция между показателями зрительного внимания по тесту Б. Бурдона Correlation between indicators of visual attention according to the B. Bourdon test	Группы детей Groups of children		
		Контроль Control <i>r</i> (<i>p</i>)	Амблиопия Amblyopia <i>r</i> (<i>p</i>)	ЧАЗН PAON <i>r</i> (<i>p</i>)
белый white	объем – концентрация quantity – concentration	-0,12 (<i>p</i> = 0,66)	0,45 (<i>p</i> = 0,07)	-0,37 (<i>p</i> = 0,14)
	объем – устойчивость quantity – stability	-0,22 (<i>p</i> = 0,4)	0,41 (<i>p</i> = 0,1)	0,35 (<i>p</i> = 0,17)
	концентрация – устойчивость concentration – stability	0,09 (<i>p</i> = 0,72)	0,51 (<i>p</i> = 0,03)	-0,47 (<i>p</i> = 0,06)
желтый yellow	объем – концентрация quantity – concentration	-0,1 (<i>p</i> = 0,7)	-0,34 (<i>p</i> = 0,18)	-0,2 (<i>p</i> = 0,45)
	объем – устойчивость quantity – stability	0,25 (<i>p</i> = 0,33)	0,7 (<i>p</i> = 0,002)	0,3 (<i>p</i> = 0,24)
	концентрация – устойчивость concentration – stability	-0,07 (<i>p</i> = 0,78)	-0,23 (<i>p</i> = 0,38)	-0,09 (<i>p</i> = 0,72)
зеленый green	объем – концентрация quantity – concentration	-0,33 (<i>p</i> = 0,19)	-0,01 (<i>p</i> = 0,97)	0,1 (<i>p</i> = 0,7)
	объем – устойчивость quantity – stability	0,62 (<i>p</i> = 0,007)	0,29 (<i>p</i> = 0,25)	0,83 (<i>p</i> < 0,001)
	концентрация – устойчивость concentration – stability	0,004 (<i>p</i> = 0,99)	-0,35 (<i>p</i> = 0,17)	0,01 (<i>p</i> = 0,97)
голубой blue	объем – концентрация quantity – concentration	-0,28 (<i>p</i> = 0,28)	-0,15 (<i>p</i> = 0,55)	0,1 (<i>p</i> = 0,73)
	объем – устойчивость quantity – stability	0,3 (<i>p</i> = 0,24)	0,55 (<i>p</i> = 0,02)	0,61 (<i>p</i> = 0,009)
	концентрация – устойчивость concentration – stability	0,32 (<i>p</i> = 0,21)	0,03 (<i>p</i> = 0,92)	-0,1 (<i>p</i> = 0,72)
розовый pink	объем – концентрация quantity – concentration	-0,14 (<i>p</i> = 0,58)	0,15 (<i>p</i> = 0,57)	0,17 (<i>p</i> = 0,52)
	объем – устойчивость quantity – stability	0,02 (<i>p</i> = 0,93)	0,38 (<i>p</i> = 0,13)	-0,34 (<i>p</i> = 0,184)
	концентрация – устойчивость concentration – stability	0,05 (<i>p</i> = 0,84)	0,09 (<i>p</i> = 0,74)	-0,27 (<i>p</i> = 0,28)

Таблица 2. Результаты оценки влияния цветных пленок на остроту зрения у детей исследуемых групп
Table 2. Results of evaluation of the effect of color films on visual acuity in children of the studied groups

Влияние на остроту зрения Effect on visual acuity	Цвет пленок Color of the overlays	Группы детей Groups of children		
		Контроль, абсолютное число детей (%) Control, absolute number of children (%) <i>n</i> = 17	Амблиопия, абсолютное число детей (%) Amblyopia, absolute number of children (%) <i>n</i> = 17	ЧАЗН, абсолютное число детей (%) РАОН, absolute number of children (%) <i>n</i> = 17
Улучшение Improvement	желто-зеленые тона (А, В, С) yellow-green tones (A, B, C)	2 (11,8)	9 (52,9)	11 (64,7)
	розовые тона (I, J, K) pink tones (I, J, K)	1 (5,9)	1 (5,9)	–
	оранжевый тон (L) orange tone (L)	–	1 (5,9)	1 (5,9)
	фиолетовые тона (G, H) violet tones (G, H)	–	–	1 (5,9)
Одинаковая острота зрения без цветных пленок (белый фон) и с пленками The same visual acuity without colored overlays (white background) and with colored overlays		14 (82,3)	4 (23,5)	3 (17,6)
Ухудшение Deterioration	голубые тона (E, F) и розовый тон (I) light blue tones (E, F), pink tones (I)	–	2 (11,8)	1 (5,9)

цветных пленок отмечалось на 0,1–0,15 по сравнению с показателями теста на белом фоне.

При оценке скорости чтения у детей получены следующие результаты. У детей контрольной группы оценивали только скорость чтения на белом фоне, так как четкость воспринимаемого на нем текста в таблице была хорошей и существенного влияния на нее цветного фона дети этой группы не отмечали.

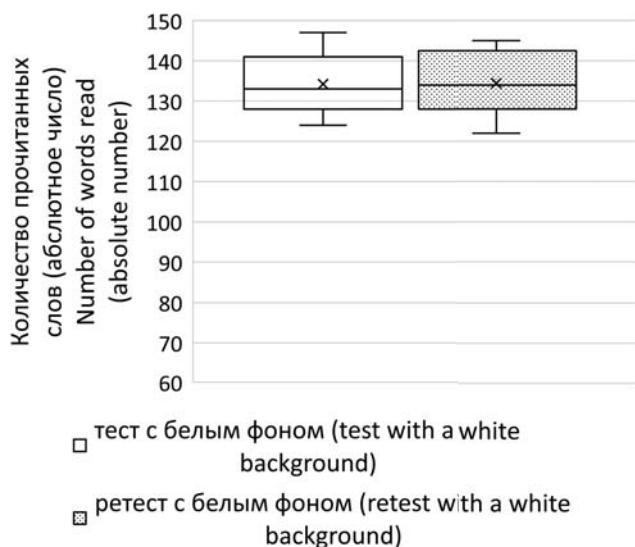


Рис. 14. Показатели скорости чтения у детей контрольной группы (*n* = 17) при первом и повторном исследовании

Fig. 14. Reading speed indicators (number of words read per minute) in children of the control group (*n* = 17) in the test and retest

Показатели скорости чтения на белом фоне у детей контрольной группы при первом исследовании и повторном (ретест), проводимом через 1–2 дня после первого, были статистически сопоставимы ($p = 0,7$) (рис. 14).

Результаты оценки скорости чтения на белом фоне и при наложении индивидуально подобранной цветной пленки у детей с амблиопией при первом и повторном исследовании представлены на диаграммах (рис. 15).

При анализе представленных данных выявлено достоверное повышение скорости чтения при наложении на тест индивидуально подобранной цветной пленки как при первом (в среднем на 17,6% больше прочитанных за минуту слов, $p = 0,003$), так и при повторном (в среднем на 19,2% больше прочитанных за минуту слов, $p = 0,003$) тестированиях. При сравнении показателей теста и ретеста скорости чтения они были статистически сопоставимы как для белого фона ($p = 0,7$), так и для цветного ($p = 0,4$).

У двух детей с амблиопией, имевших ухудшение остроты зрения на 0,1 при наложении пленок голубых тонов (F и E), наблюдали снижение скорости чтения на 16,3–18,2%. У этих же детей отмечено ухудшение показателей теста Б. Бурдона с голубым фоном по сравнению с другими цветами.

Результаты оценки скорости чтения на белом фоне и при наложении индивидуально подобранной цветной пленки у детей с ЧАЗН при первом и повторном исследовании представлены на следующих диаграммах (рис. 16).

При анализе представленных данных в этой группе детей также выявлено достоверное повышение ско-

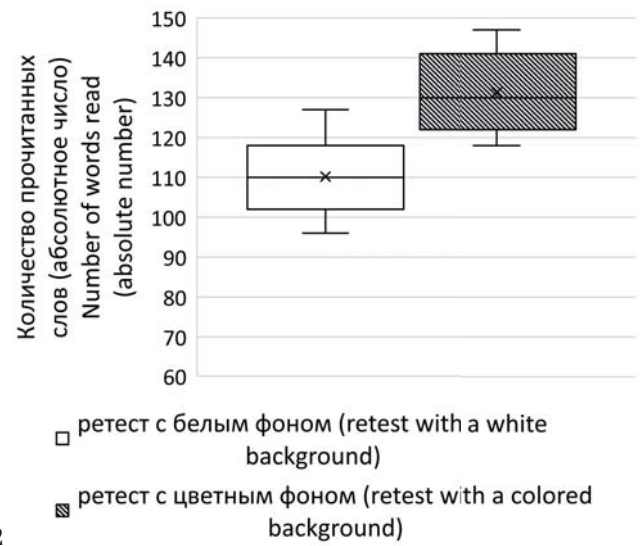
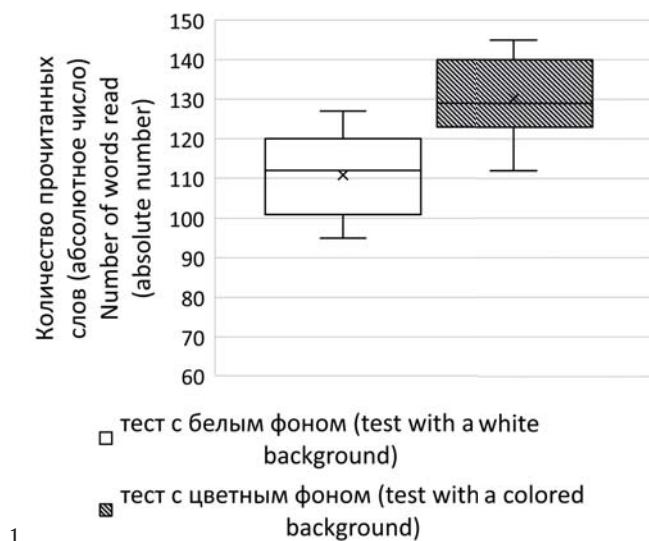


Рис. 15. Показатели скорости чтения на белом фоне и при наложении индивидуально подобранной цветной пленки у детей с амблиопией ($n = 11$) при первом (1) и повторном (2) исследовании

Fig. 15. Indicators of reading speed (number of words read per minute) on a white background and when applying an individually selected color film in children with amblyopia ($n = 11$) in the test (1) and in the retest (2)

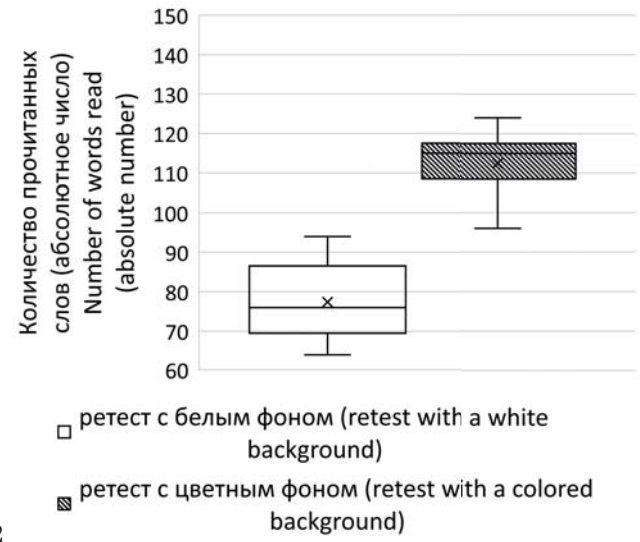
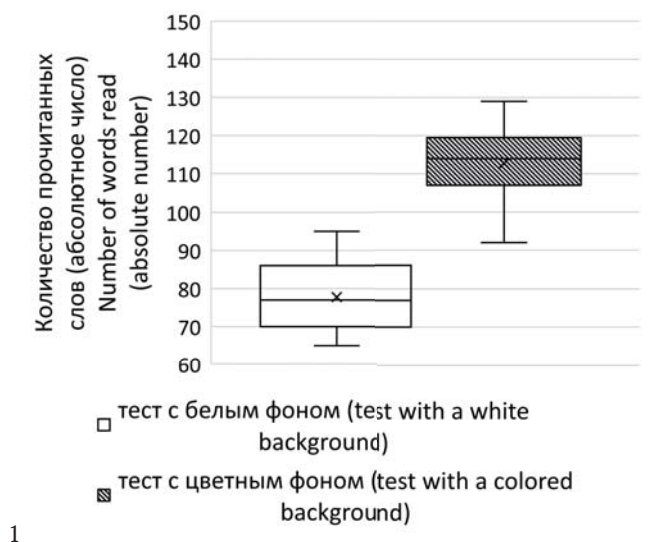


Рис. 16. Показатели скорости чтения на белом фоне и при наложении индивидуально подобранной цветной пленки у детей с ЧАЗН ($n = 13$) при первом (1) и повторном (2) исследовании

Fig. 16. Indicators of reading speed (the number of words read per minute) on a white background and when applying an individually selected color film in children with PAON ($n = 13$) in the test (1) and in the retest (2)

рости чтения при наложении на тест индивидуально подобранной цветной пленки как при первом (в среднем на 31,1% больше прочитанных за минуту слов, $p = 0,001$), так и при повторном (в среднем на 31,2% больше прочитанных за минуту слов, $p = 0,001$) тестированиях. Показатели теста и ретеста скорости чтения были статистически сопоставимы как для белого фона ($p = 0,4$), так и для цветного ($p = 0,7$).

У одного ребенка в этой группе, имевшего ухудшение остроты зрения на 0,15 при наложении пленок голубого (F) и фиолетового (G) тонов, наблюдали и снижение скорости чтения на 17,8%. У этого же ребенка выявлено ухудшение показателей теста Б. Бурдона с голубым и розовым фоном по сравнению с другими цветами.

Межгрупповое сравнение данных демонстрировало достоверно более высокие показатели скорости чтения на белом фоне у детей контрольной группы по сравнению с показателями детей двух других групп как при первом, так и повторном тестировании ($p < 0,001$). Кроме того, у детей с ЧАЗН показатели скорости чтения на белом фоне были достоверно ниже показателей детей с амблиопией как при первом, так и повторном тестировании ($p < 0,001$).

Показатели с цветным фоном у детей с амблиопией достигали показателей детей контрольной группы как при первом, так и при повторном тестировании ($p > 0,05$). Показатели же детей с ЧАЗН, улучшающиеся с цветным фоном, оставались,

между тем, достоверно ниже показателей детей контрольной группы с белым фоном как при первом, так и при повторном тестировании ($p < 0,001$).

Сравнивая использованные нами методы исследования, нужно отметить, что вариант теста Б. Бурдона с использованием бумаги разных цветов является достаточно трудоемким методом как для пациента, так и для исследователя. Другим недостатком является ограниченный набор цветов, в связи с чем снижаются возможности индивидуального подбора оттенка, способного улучшить зрительное восприятие.

Оценка остроты зрения и скорости чтения на белом фоне и с цветными пленками является гораздо более легкой для выполнения, требует значительно меньше времени и не утомляет ребенка. При необходимости имеющиеся в наборе пленки можно комбинировать, получая еще более сложные оттенки. Это дает возможность индивидуального подбора нужного для данного пациента цветового тона, что, в свою очередь, повышает эффект воздействия цвета на зрительные функции. Можно предположить, что более показательные результаты влияния цвета на зрительные функции у детей с офтальмопатологией связаны именно с возможностью индивидуального подбора цветового тона. Нужно отметить, что наиболее часто положительный эффект у детей с офтальмопатологией мы наблюдали при использовании желто-зеленых цветовых тонов, особенно у детей с ЧАЗН. При этом рефракция таких детей была разной (миопическая, гиперметропическая, смешанный астигматизм), а выявленная аметропия при исследовании корректировалась с учетом дуохромного теста.

Эти наблюдения, а также тот факт, что цветовой фон имеет значение для зрительного восприятия у пациентов как с амблиопией (обусловленной процессами торможения на уровне зрительной коры), так и с ЧАЗН (непосредственной причиной которой являются дегенеративные изменения ганглиозных клеток сетчатки и проводящих зрительных путей), могут свидетельствовать в пользу влияния определенного цвета на центральные процессы обработки зрительной информации.

В настоящее время существуют три основные теории влияния цветного фона на обработку зрительной информации на уровне ЦНС: 1) теория скотопической чувствительности, 2) магноцеллюлярный дефицит, 3) влияние на возбудимость коры головного мозга. Эти теории были предложены специалистами в области цветодиагностики и цветокоррекции дислексии [10, 19–27]. Предполагая ведущую роль центральных механизмов обработки зрительной информации в улучшении зрительного восприятия при чтении текста на индивидуально подобранном цветовом фоне, мы рассматриваем данные теории как возможные объяснения наблюдаемого нами явления у детей с офтальмопатологией, не имеющих специфических симптомов дислексии.

Одним из обсуждаемых аспектов теории скотопической чувствительности является связь между дефицитом активности палочек сетчатки и работой магноцеллюлярной системы в зрительной коре [10].

Магноцеллюлярный и парвоцеллюлярный пути представляют собой две параллельные подсистемы проведения и обработки зрительной информации. Волокна магноцеллюлярных клеток сетчатки составляют основную часть дорсального пути, передающего в ЦНС информацию о местоположении и перемещении объекта в пространстве (нейроны «Где?») [19–21]. Из области V1 (первичной зрительной коры) эта информация проецируется в область средней височной коры, медиальную верхнюю височную область, зоны V3, V3A и V6, внутривисочную борозду задней теменной коры. Это области коры, обеспечивающие «пространственное внимание» и участвующие в анализе временных характеристик информации. Задняя теменная кора передает информацию в префронтальную кору, участвующую в организации рабочей памяти и контроля движений [22–25].

Вентральный путь, имеющий как магноцеллюлярные, так и парвоцеллюлярные входы, передает информацию из области V1 через область V4 и далее в нижнюю височную кору, область, обеспечивающую анализ цвета и формы объекта (нейроны «Что?») [22–25].

Более быстрая передача зрительной информации магноцеллюлярными нейронами дорсального пути в норме должна синхронизироваться при помощи обратной связи с работой парвоцеллюлярной системы [26]. Обратная связь в дорсальном пути от средней височной коры до V1 улучшает выделение фигуры из фона, помогая распознавать буквы в словах и слова в тексте [18, 25]. Кроме того, обратная связь от средней височной коры оказывает наиболее сильное влияние на стимулы с низкой яркостью, такие как низкоконтрастные паттерны, максимально активирующие нейроны магноцеллюлярной системы [19, 26].

Считается, что магноцеллюлярная система участвует в восприятии текста благодаря способности быстро и последовательно опознавать буквы. Магноцеллюлярный дефицит проявляется при чтении главным образом нестабильностью координации движений глаз, что затрудняет слияние изображений на уровне центрального отдела зрительного анализатора и приводит к визуальным искажениям слов и текста. Отсутствие синхронизации временных параметров работы магноцеллюлярной и парвоцеллюлярной систем препятствует выделению и идентификации критических элементов, необходимых для чтения (например, начало и конец слова), затрудняет оценку количества букв в слове, ухудшает анализ направления и скорости движения зрительных паттернов, препятствует выделению фигур из фона [19–26].

Предполагают, что использование правильно подобранного цветового фона регулирует скорость

передачи информации в магноцеллюлярной системе и улучшает ее взаимодействие с парвоцеллюлярной системой [8, 26].

Теория возбудимости коры головного мозга, предложенная А. J. Wilkins, предполагает, что чтение, представляющее собой достаточно интенсивную сенсорную стимуляцию, может приводить в некоторых случаях к снижению механизмов торможения в зрительной коре. Чрезмерное возбуждение корковых нейронов может вызывать искажения зрительного восприятия [9]. Индивидуально подобранные цветные наклейки помогают нейронам зрительной коры работать в оптимальном режиме, без гипервозбудимости [9, 27].

Таким образом, проведенный нами анализ полученных результатов демонстрирует важность индивидуального подбора цвета, позволяющего улучшить зрительное восприятие текста у детей при снижении остроты зрения, обусловленном как процессами центрального торможения (при амблиопии), так и органической патологией на уровне сетчатки и зрительного нерва (при ЧАЗН). Патология сетчатки и зрительного нерва затрудняет, в свою очередь, работу центральных отделов зрительного анализатора, поэтому наши наблюдения могут подтверждать теории влияния цветного фона на обработку зрительной информации на уровне ЦНС. Между тем, очевидно, что причины и механизмы влияния цвета на зрительные функции у пациентов с офтальмопатологией требуют дальнейшего исследования.

Выводы

1. Использование цветных пленок является более эффективным и удобным способом оценки влияния цвета на зрительные функции, чем тест Б. Бурдона.

Литература / References

1. Григорьева ЛП. Дети с проблемами в развитии (комплексная диагностика и коррекция). Москва: ИКЦ «Академкнига»; 2002.
Grigorieva LP. Children with developmental problems (complex diagnostics and correction). Moscow: Akademkniga; 2002. (In Russ.)
2. Абугова ТД. Цветокоррекция при дислексии. *Современная оптометрия*. 2019;6:24–29.
Abugova TD. Color correction for dyslexia. *Modern Optometry*. 2019;6:24–29.
3. Абугова ТД. Цветотестирование и цветокоррекция. *The EYE GLAZ*. 2021;23(1):53–58. doi: 10.33791/2222-4408-2021-1-53-58
Abugova TD. Color testing and color correction. *The EYE GLAZ*. 2021;23(1):53–58. (In Russ.) doi: 10.33791/2222-4408-2021-1-53-58
4. Абугова ТД. Методика подбора цветных очков при коррекции цветом. *The EYE GLAZ*. 2022;24(1):55–64. doi: 10.33791/2222-4408-2022-1-55-64
Abugova TD. The method of selecting colored glasses for the correction by color. *The EYE GLAZ*. 2022;24(1):55–64. (In Russ.) doi: 10.33791/2222-4408-2022-1-55-64

2. При использовании индивидуально подобранных цветных пленок у 64,7% детей с амблиопией наблюдается повышение скорректированной остроты зрения для близи на 0,1–0,2 и увеличение скорости чтения на 17,6–19,2%, достигающее средних значений скорости чтения детей контрольной группы на белом фоне.

3. У 76,5% детей с ЧАЗН при использовании индивидуально подобранных цветных пленок наблюдается повышение скорректированной остроты зрения для близи на 0,1–0,2 и увеличение скорости чтения на 31,1–31,2%, не достигающее при этом показателей скорости чтения детей контрольной группы.

4. Наиболее часто улучшение зрительных функций у детей с амблиопией (52,9% детей) и ЧАЗН (64,7% детей) наблюдается при использовании пленок желто-зеленых оттенков.

5. В некоторых случаях голубые, фиолетовые и розовые цветовые тона фона могут снижать остроту зрения и скорость чтения у детей с амблиопией и ЧАЗН.

Вклад авторов

Концепция исследования, написание текста: С.И. Рычкова.

Поиск литературы, сбор и статистическая обработка материала, подготовка иллюстраций: С.И. Рычкова, Т.Д. Абугова, Р.И. Сандимиров.

Обсуждение полученных результатов и текста статьи: С.И. Рычкова, Т.Д. Абугова, В.Г. Лихванцева.

Authors' contributions

Research concept, text writing: S.I. Rychkova.

Literature search, collection and statistical processing of material, preparation of illustrations: S.I. Rychkova, T.D. Abugova, R.I. Sandimirov.

Discussion of the results and the text of the article: S.I. Rychkova, T.D. Abugova, V.G. Likhvantseva.

5. Корнев АН. Основы логопатологии детского возраста: клинические и психологические аспекты. Санкт-Петербург: Речь; 2005.
Kornev AN. Fundamentals of speech pathology of childhood: clinical and psychological aspects. St. Petersburg: Rech; 2005. (In Russ.)
6. Мошкова ОМ. Ретардация визуального восприятия как критерий раннего выявления дислексии. *Образование и наука*. 2014;10:105–117.
Moshkova OM. Retardation of visual perception as a criterion for early detection of dyslexia. *Education and Science*. 2014;10:105–117. (In Russ.)
7. Рычкова СИ, Лихванцева ВГ. Зрительные нарушения у пациентов с дислексией (обзор литературы). *The EYE GLAZ*. 2022;24(2):47–54. doi: 10.33791/2222-4408-2022-2-47-54
Rychkova SI, Likhvantseva VG. Visual disorders in patients with dyslexia (literature review). *The EYE GLAZ*. 2022;24(2):47–54. (In Russ.) doi: 10.33791/2222-4408-2022-2-47-54
8. Wu YJ, Yang WH, Wang QX, Yang DS, Hu XY, Jing J, Li XH. Eye-movement patterns of Chinese children with developmental dyslexia during the Stroop test. *Biomedical and*

- Environmental Sciences*. 2018;31(9):677–685. doi: 10.3967/bes2018.092
9. Wilkins AJ. *Reading through colour: how coloured filters can reduce reading difficulty, eye strain, and headaches*. Chichester: John Wiley & Sons Ltd; 2003.
 10. Irlen H. *Reading by the colors: overcoming dyslexia and other reading disabilities through the Irlen method*. New York: Penguin Group Inc; 2005.
 11. Джордан И. *Нарушение зрительного восприятия при дислексии*. Москва: МЦ «Невро-Мед»; 2017.
Jordan I. *Visual impairment in dyslexia*. Moscow: MC “Neuro-Med”; 2017. (In Russ.)
 12. Jordan I. *A professionals guide to prescribing tints and filters*. Maybole; 2018.
 13. Сидоров КР. Количественная оценка продуктивности внимания в методике «Корректирующая проба» Б. Бурдона. *Вестник Удмуртского университета. Серия «Философия. Психология. Педагогика»*. 2012;4:50–57.
Sidorov KR. Quantitative assessment of the productivity of attention in the method of “Proof-reading test” by B. Bourdon. *Bulletin of the Udmurt University. The Series “Philosophy. Psychology. Pedagogy”*. 2012;4:50–57. (In Russ.)
 14. Абкович АЯ. Изучение внимания у детей с ограниченными возможностями здоровья. *Специальное образование*. 2014;4:5–11.
Abkovich AY. Studying attention in children with disabilities. *Special Education*. 2014;4:5–11. (In Russ.)
 15. Желяскова СИ. Исследование нарушения внимания у детей младшего школьного возраста. *Научный журнал*. 2021;2(57):89–91.
Zhelyaskova SI. Study of attention disorders in children of primary school age. *Scientific Journal*. 2021;2(57):89–91. (In Russ.)
 16. Ustun F, Tasgin E. The effect of recreative purpose modern and traditional archery education on attention parameters in adolescents. *Journal of Education and Learning*. 2020;9(1):244–250. doi: 0.5539/jel.v9n1p244
 17. Yildiz M, Çetinkaya E. The relationship between good readers’ attention, reading fluency and reading comprehension. *Universal Journal of Educational Research*. 2017;5(3):366–371. doi: 10.13189/ujer.2017.050309
 18. Ogita C, Pothong A. The effects of wall color on students’ attention levels: An international school’s perspective. *Journal of Student Research*. 2021;10(2). doi: 10.47611/jsrsh.v10i2.1418.
 19. 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. doi: 10.15761/NNS.1000118
 20. Stein J. The current status of the magno-cellular theory of developmental dyslexia. *Neuropsychologia*. 2019;130:66–77. doi: 10.1016/j.neuropsychologia.2018.03.022
 21. 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. doi: 10.3390/children8020068
 22. Maunsell JH, Nealey TA, De Priest DD. Magnocellular and parvocellular contributions to responses in the middle temporal visual area (MT) of the macaque monkey. *J Neurosci*. 1990;10:3323–3334.
 23. Nassi JJ, Lyon DC, Callaway EM. The parvocellular LGN provides a robust disynaptic input to the visual motion area MT. *Neuron*. 2006;50:319–327. doi: 10.1016/j.neuron.2006.03.019
 24. 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. doi: 10.3389/fnhum.2014.00460
 25. Hupe JM, Payne AC, Lomer BR, Girad SG, Bullier J. Cortical feedback improves discrimination between figure and background by V1, V2 and V3 neurons. *Nature*. 1998;394:784–787.
 26. Vidyasagar TR. Reading into neuronal oscillations in the visual system: implications for developmental dyslexia. *Front Hum Neurosci*. 2013;7:1–10. doi: 10.3389/fnhum.2013.00811
 27. Henderson LM, Taylor RH, Barrett BT, Griffiths PG. Treating reading difficulties with colour. *BMJ*. 2014;349:g5160. doi: 10.1136/bmj.g5160

Сведения об авторах

Рычкова Светлана Игоревна^{*}, доктор медицинских наук, врач-офтальмолог, ведущий научный сотрудник лаборатории «Зрительные системы» ФГБУН «Институт 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: <https://orcid.org/0000-0001-6764-8950>

Абугова Тамара Давыдовна, кандидат медицинских наук, врач-офтальмолог, руководитель центра цвето-коррекции группы компаний «Оптик Сити»; e-mail: abugova_td@list.ru; ORCID: <https://orcid.org/0009-0005-9099-0304>

Лихванцева Вера Геннадьевна, доктор медицинских наук, профессор кафедры офтальмологии Академии постдипломного образования ФБГУ «Федеральный научно-клинический центр специализированных видов медицинской помощи и медицинских технологий Федерального медико-биологического агентства»; e-mail: likhvantseva-4@yandex.ru; ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-2708-7217>

Information about the authors

Svetlana I. Rychkova^{*}, Dr. Sci. (Med.), Ophthalmologist, Lead Researcher of Vision Physiology Laboratory of the Kharkevich Institute for Information Transmission Problems; Department of Eye Diseases of the Medicobiological 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: orcid.org/0000-0001-6764-8950

Tamara D. Abugova, Cand. Sci. (Med.), Ophthalmologist, Head of the Color Correction Center of “Optic City” Group of Companies; e-mail: abugova_td@list.ru; ORCID: orcid.org/0009-0005-9099-0304

Vera G. Likhvantseva, Dr. Sci. (Med.), Professor of the Department of Ophthalmology of the 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; e-mail: likhvantseva-4@yandex.ru; ORCID: orcid.org/0000-0003-2708-7217

Сандимиров Роман Игоревич, студент ФГАОУ ВО «Российский национальный исследовательский медицинский университет им. Н.И. Пирогова» Минздрава России; e-mail: sandimirov.roman@mail.ru; ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-3163-2943>

Roman I. Sandimirov, Student of the Pirogov Russian National Research Medical University; e-mail: sandimirov.roman@mail.ru; ORCID: orcid.org/0000-0003-3163-2943