

Научная статья

УДК 617.751.6-08-78-036.8

DOI: <https://doi.org/10.25276/2307-6658-2023-3-15-26>

Результаты исследования цветового зрения разными способами у детей с амблиопией

С.И. Рычкова^{1, 2}, В.Г. Лихванцева^{3, 4}, Р.И. Сандимиров⁵

¹Институт проблем передачи информации им. А.А. Харкевича РАН, Москва

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

³Академия постдипломного образования ФБГУ «Федеральный научно-клинический центр

специализированных видов медицинской помощи и медицинских технологий» ФМБА России, Москва

⁴«Государственный научный центр Российской Федерации – Федеральный медицинский биофизический центр им. А.И. Бурназяна» ФМБА России, Москва

⁵Российский национальный исследовательский медицинский университет им. Н.И. Пирогова, Москва

РЕФЕРАТ

Цель. Сравнить результаты исследования цветового зрения разными способами у детей с амблиопией и у детей контрольной группы. **Материал и методы.** Наблюдали 81 ребенка школьного возраста: 35 детей с амблиопией (1-я группа); 46 детей контрольной группы без амблиопии (2-я группа). Цветовое зрение исследовали при помощи классических тестов (полихроматические таблицы Е.Б. Рабкина и Neitz-test) и собственных тестовых изображений (Патент RU 2760085 от 02.04.2021). **Результаты.** В контрольной группе у 38 (82,6%) детей была определена нормальная трихромазия при использовании всех трех методов. В остальных случаях по таблицам Е.Б. Рабкина у 4 (8,7%) испытуемых возникли затруднения с определением формы тестовой фигуры в некоторых таблицах. При этом дети могли правильно назвать цвета отдельных кружков, из которых состояло изображение. При выполнении Neitz-test затруднения наблюдались у 6 (13%) детей. С разработанными собственными тестами ни у кого из детей контрольной группы затруднений не возникло. В группе детей с амблиопией только у 12 (34,3%) детей была определена нормальная трихромазия обоих глаз при использовании всех трех методов. При исследовании по таблицам Е.Б. Рабкина, Neitz-test и разработанным нами тестам у двух мальчиков была выявлена протанопия в сочетании с дейтеранопией при исследовании как лучше видящего, так и хуже видящего глаза. У двух девочек наблюдали менее выраженные нарушения восприятия крас-

ного и зеленого цветов с теми же тестами. Еще 9 (25,7%) детей могли правильно назвать цвет отдельных кружков, но испытывали трудности с определением формы тестовой фигуры в нескольких таблицах Е.Б. Рабкина. При выполнении Neitz-test 15 (42,9%) детей правильно называли цвета всех тестовых фигур, но ошибались с их формой. **Заключение.** При исследовании цветового зрения у детей при помощи таблиц Е.Б. Рабкина и Neitz-test нужно учитывать то, что данные тесты ставят перед обследуемым ребенком сразу две задачи – различение цвета и опознание формы. У здорового ребенка школьного возраста обычно это не вызывает затруднений, но при амблиопии механизм интеграции информации о цвете и форме в единый зрительный образ может быть нарушен, что затрудняет правильное выполнение теста и может приводить к ошибкам в интерпретации врачом ответов пациента. Разработанные нами тестовые изображения не требуют опознания хроматической формы, в связи с чем более объективно отражают способность ребенка отличать хроматическое изображение от ахроматического такой же яркости, а также способность различать оттенки основных тонов при разной степени их насыщенности. Кроме того, достоинствами метода являются простота выполнения, минимальное время обследования, доступность для понимания ребенка, в связи с чем он представляется перспективным для использования на амбулаторном приеме у детей разного возраста.

Ключевые слова: амблиопия, цветовое зрение, методы диагностики цветового зрения

Для цитирования: Рычкова С.И., Лихванцева В.Г., Сандимиров Р.И. Результаты исследования цветового зрения разными способами у детей с амблиопией. Российская детская офтальмология. 2023;3: 15–26. DOI: <https://doi.org/10.25276/2307-6658-2023-3-15-26>

Автор, ответственный за переписку: Светлана Игоревна Рычкова, ana.rych@mail.ru

ABSTRACT

Original article

Results of children color vision evaluation using different approaches

S.I. Rychkova^{1,2}, V.G. Likhvantseva^{3,4}, R.I. Sandimirov⁵

¹A.A. Kharkevich Institute for Information Transmission Problems of the Russian Academy of Sciences, Moscow, Russian Federation

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

³Academy of Postgraduate Education of the Federal Scientific and Clinical Center for Specialized Medical Assistance and Medical Technologies of Federal Medical Biological Agency of Russia, Moscow, Russian Federation

⁴Russian State Research Center – Burnasyan Federal Medical Biophysical Center of Federal Medical Biological Agency, Moscow, Russian Federation

⁵N.I. Pirogov Russian National Research Medical University, Moscow, Russian Federation

Purpose. To evaluate the results of color vision functions using different methods in amblyopic children and in children of the control group. **Material and methods.** We observed 81 school children: 1) 35 amblyopic children 2) 46 children of the control group without amblyopia. The color vision was explored using classic tests (polychromatic Rabkin tables and Neitz-test) and our own test images (Patent RU 2760085 dated 02/04/2021). Results. In the control group normal trichromasia was detected in 38 (82.6%) children using all three methods. In the rest of the cases using Rabkin tables revealed difficulties in defining shapes of the test figures in some tables in four (8.7%) children. Nevertheless, the children could name the colors of separate circles composing the images correctly. Using Neitz-test revealed difficulties in 6 (13%) children. Using our own developed tests revealed no difficulties in children of the control group. In the group of amblyopic children normal trichromasia of both eyes was detected only in 12 (34,3%) children using all three methods. **Results.** Using Rabkin tables, Neitz-test and our own developed tests detected protanopia combined with deuteranopia in two boys under conditions of observing the best seeing eye and the worst seeing eye. Using the same tests detected less expressed disturbances of perception red and green colors in two girls. Nine (25.7%) children could name the colors of separate circles correctly but had

difficulties in defining shapes of the test figures in some Rabkin tables. Accomplishing Neitz-test 15 (42.9%) children named the colors of all test figures correctly but made mistakes defining their shapes. **Conclusion.** Exploring color vision in children using Rabkin tables and Neitz-test it is necessary to consider that these tests make an observed child accomplish two tasks simultaneously – distinguishing the color and defining the shape. Usually, it does not cause any difficulties in a healthy school child. But under conditions of amblyopia the mechanism of integrating the information of the colour and the shape into a united visual image may be disturbed. It complicates the correct accomplishing the test and may cause mistakes in a doctor's interpretation of a patient's answers. Our developed test images do not require defining the chromatic form. It allows them to reflect a child's ability to distinguish a chromatic image from achromatic images of the same brightness and the ability to distinguish shades of basic tones at different degrees of their saturation. Besides, the advantages of the method are simplicity of accomplishing, minimal amount of time necessary for observation and availability for a child's comprehension which make it look promising for using at outpatient admissions in children of different ages.

Key words: amblyopia, color vision, diagnostic methods of color vision

For quoting: Rychkova S.I., Likhvantseva V.G., Sandimirov R.I. Results of children color vision evaluation using different approaches. Rossiyskaya detskaya oftalmologiya. 2023;3: 15–26. DOI: <https://doi.org/10.25276/2307-6658-2023-3-15-26>

Corresponding author: Svetlana I. Rychkova, ana.rych@mail.ru

Амблиопия представляет собой не поддающееся оптической коррекции снижение остроты зрения в отсутствие органической патологии зрительной системы [1–5]. Распространенность амблиопии, по данным разных авторов, среди детей школьного и дошкольного возраста составляет 0,5–3,5% от общей популяции [1, 2, 5–8].

Современная концепция рассматривает этиопатогенез амблиопии как постнатальное нарушение нейронального развития зрительной коры головного мозга, возникшее из-за отсутствия нормального

зрительного опыта в критический период – первую декаду жизни ребенка. Однажды сформировавшиеся патологические нарушения корковых процессов очень стойкие и сохраняются даже после устранения этиологического (амблиогенного) фактора. Выделяют дисбинокулярную, рефракционную, анизотропическую, обскурационную и истерическую амблиопию. В случае существования нескольких амблиогенных факторов амблиопию считают смешанной. Присутствие комплекса зрительных, глазодвигательных, аккомодационных и проприо-

цептивных нарушений с общей этиологией и единым патогенезом позволяет называть амблиопию синдромом. Наряду со сниженной остротой зрения ее проявлениями могут быть снижение контрастной чувствительности, нарушения бинокулярного и цветового зрения, а также выраженный краудинг-эффект [1, 5, 6, 11–13].

В связи с возрастающей зрительной нагрузкой, вызванной работой с мобильными телефонами, планшетами, компьютерами в образовательном процессе и освоении профессиональных навыков, чрезвычайно важна информация о цветовом восприятии детей с амблиопией [7–10]. Вместе с тем подавляющее количество работ по амблиопии посвящены изучению остроты зрения и контрастной чувствительности, и только в единичных публикациях анализируется цветовое зрение [14–18]. Одной из причин создавшегося дефицита информации является неприспособленность большинства существующих способов диагностики цветового зрения (аномалоскопия, цветовая кампиметрия, табличные методы, компьютерные программы, панельные тесты ранжировки цветов, регистрация электроретинографии и зрительных вызванных потенциалов на цветовые стимулы для тестирования детей дошкольного возраста. В основном они предназначены для диагностики цветового зрения у взрослых и детей старшего возраста [19–28].

Наиболее простым и доступным способом диагностики цветового в амбулаторных условиях являются табличные методы, например полихроматические таблицы Е.Б. Рабкина и псевдоизохроматические таблицы Ишихары [23, 24, 27, 28], а также предложенный недавно Neitz-test [17, 18]. В нашем предыдущем исследовании цветового зрения у детей с офтальмопатологией было показано, что при использовании таблиц Е.Б. Рабкина и Neitz-test многие дети с частичной атрофией зрительного нерва (в том числе старшего школьного возраста), правильно называя цвет отдельных кружков, составляющих тестовое изображение, затруднялись с определением формы, которую эти кружки образуют (цифры или геометрической фигуры) [29]. Мы предположили то, что в тестах созданы условия, при которых обследуемому ребенку ставится одновременно две задачи – различение цвета и опознание формы. Для здорового ребенка сочетание таких зрительных задач не вызывает затруднений, но у ребенка с частичной атрофией зрительного нерва процесс интеграции информации о цвете и форме в единый образ хроматической формы может быть нарушен, что становится препятствием для правильного выполнения теста и причиной ошибок при интерпретации врачом ответов пациента [29]. В связи с этим не вызывает сомнений актуальность изучения цветового восприятия у детей с амблиопией.

ЦЕЛЬ

Сравнить результаты исследования цветового зрения разными способами у детей с амблиопией и у детей контрольной группы.

МАТЕРИАЛ И МЕТОДЫ

Наблюдали 81 ребенка школьного возраста, которые по итогам стандартного офтальмологического обследования были разделены на две группы: 35 детей (70 глаз, 1-я группа) с амблиопией, 46 детей (92 глаза, 2-я группа) контрольной группы с остротой зрения не ниже 0,9. В 1-й группе амблиопия была дисбинокулярной у 9 детей, рефракционной у 21 ребенка и обскурационной у 5 детей (3 пациентов с оперированной врожденной катарактой и двое – с врожденным птозом). В 30 случаях амблиопия была двусторонней и в 5 – односторонней. Дополнительные клинические характеристики групп обследованных детей представлены в *таблице 1*.

У детей контрольной группы не были выявлены бинокулярные различия в остроте зрения. У детей с амблиопией острота зрения лучше видящего глаза достоверно превышала показатели хуже видящего глаза ($p < 0,05$). По сравнению с контролем при амблиопии острота зрения как лучше видящего, так и хуже видящего глаза была ниже ($p < 0,01$).

В диагностике нарушений цветовосприятия использовали классические таблицы Е.Б. Рабкина, Neitz-test и разработанные нами (собственные) цветные тестовые изображения.

Полихроматические таблицы Е.Б. Рабкина [23] и Neitz-test использовали по стандартной методике [27, 28].

Последний – Neitz-test – состоит из девяти изображений, представляющих собой круг, состоящий из серых и хроматических (цветных) точек на белом фоне. Более темные серые точки составляют ахроматическую геометрическую фигуру (треугольник, квадрат, ромб, круг), распознаваемую человеком с нормальным цветовым зрением и пациентом с нарушениями цветовосприятия. Цветные точки составляют дополнительную фигуру (красную, синюю, сине-зеленую, лиловую и желтую) (*рис. 1*). В задачу обследуемого ребенка входило назвать геометрические фигуры и их цвет или нарисовать эти фигуры цветными карандашами на листе бумаги [27, 28].

Для диагностики нарушений цветового зрения мы разработали и апробировали два собственных теста. Тест № 1 позволял оценить способность ребенка отличать хроматическое изображение разной степени насыщенности от ахроматического. Тест № 2 давал возможность оценить способность к распознаванию цветовых тонов разной степени насыщенности (Патент RU 2760085 от 02.04.2021).

Таблица 1

Клинические характеристики обследованных групп детей

Table 1

Clinical characteristics of the examined groups of children

Клинические характеристики Clinical characteristics	Группа детей с амблиопией (n = 35) Group of children with amblyopia (n = 35)	Контрольная группа детей (n = 46) Control group of children (n = 46)
Возраст (годы М±m) Age (years М±m)	13,3±0,4	12,4±0,4
Количество мальчиков/девочек (%) Number of boys/girls (%)	22/13 (62,9/37,1)	24/22 (52,2/47,8)
Распределение детей в зависимости от вида рефракции, количество детей (%) Distribution of children depending on the type of refraction, number of children (%)	Эмметропическая Emmetropic	–
	Миопическая Myopic	7 (20)
	Гиперметропическая Hypermetropic	9 (25,7)
	Смешанный астигматизм Mixed astigmatism	16 (45,7)
	Артифакция Pseudophakic	3 (8,6)
Острота зрения скорректированная, М±m, усл. ед. Visual acuity with correction, М±m, conventional units	Лучше видящего глаза Better seeing eye	0,75±0,03
	Хуже видящего глаза Worse seeing eye	0,59±0,03

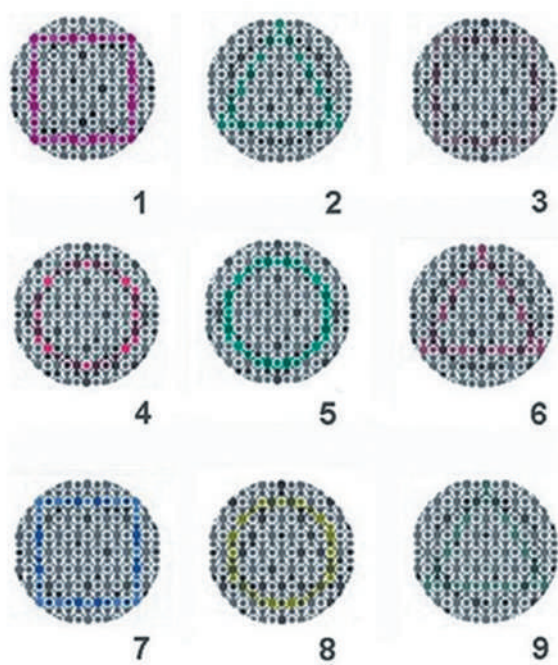


Рис. 1. Neitz-test [17, 18]

Fig. 1. Neitz-test [17, 18]

Тестовые изображения разрабатывали на основе стандартного формата с характеристикой цветов HLS: H (Hue) – цветовой тон (в градусах в соответствии со спектральным кругом), S (Saturate) – насыщенность (в процентах), L (Lightness) – светлота или яркость (в процентах) [30].

Силуэтные картинки для тестирования представляли собой простые изображения знакомых объектов. Тест № 1 содержал шесть групп картинок. Каждая группа состояла из трех контрольных ахроматических (серых) картинок одинаковой степени яркости и одной тестовой хроматической картинкой определенного тона. Яркость всех тестовых изображений была одинаковой (L 50%). Степень насыщенности цвета хроматической картинкой варьировалась и составляла S 10% для варианта 1, S 30% для варианта 2 и S 50% для варианта 3 (рис. 2). Цветовые тона соответствовали основным цветам спектрального круга: а – H 0° или 360° (красный), б – H 120° (зеленый), в – H 240° (синий) и дополнительным (г – H 60° (желтый), д – H 180° (голубой), е – H 300° (пурпурный). Во время обследования перед ребенком ставили задачу определить, какое из изображений в каждой группе отличается от других и назвать его цвет.

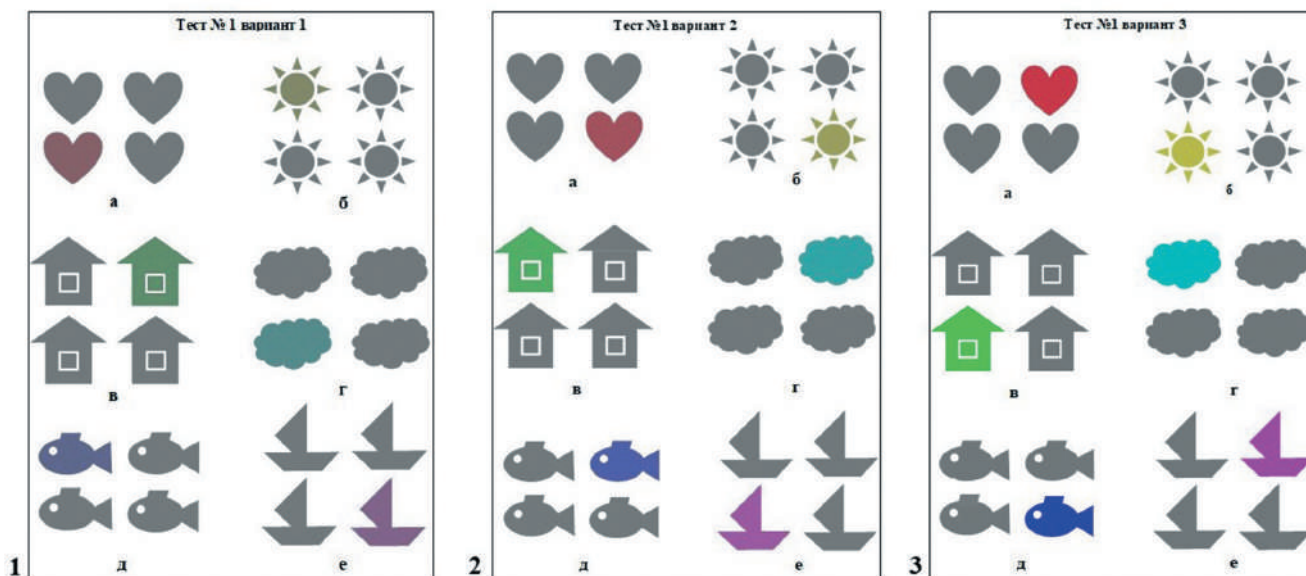


Рис. 2. Тест № 1, варианты 1–3

Fig. 2. Test № 1, variant 1–3

Данный тест использовали для выявления цветанопии. В случае правильного определения хроматических картинок с минимальной насыщенностью (S 10%) – результат засчитывали как норму. Слабую степень цветанопии (протано-, дейтерано- или тританопии) присваивали, если обследуемый ребенок не отличал хроматическую картинку от ахроматических при S 10%. Цветанопию средней степени отмечали в случаях, когда ребенок правильно определял хроматическую картинку только при S 50% и выраженную (полную) протано-/дейтерано-/тританопию – в случаях, когда ребенок не различал цветовой тон даже при S 50%.

Тест № 2 содержал шесть групп хроматических картинок одинаковой яркости (L соответствует 50%). Каждая группа включала три контрольные картинки и одну тестовую. Контрольные картинки соответствовали одному из основных тонов спектрального круга: 1 – красному (H 0° или 360°), 2 – зеленому (H 120°), 3 – синему (H 240°). Тестовая картинка соответствовала оттенку основного цвета: 1а – H 325°, 1б – H 35°, 2а – H 85°, 2б – H 155°, 3а – H 205°, 3б – H 275°. Насыщенность основных тонов и их оттенков составляла: S 10% для 1 варианта, S 30% для 2 варианта, S 50% для 3 варианта (рис. 3). Задачей обследуемого ребенка было показать картинку, отличную по оттенку от трех остальных в группе.

Данный тест использовали для выявления цветаномалии (нарушений восприятия оттенков цветного тона). Нормальную трихромазию отмечали в случае правильного определения ребенком оттен-

ков основных цветов при их минимальной насыщенности S 10%. Регистрировали цветаномалию (протано-, дейтерано- или тританомалию) слабой степени, если ребенок не различал оттенки основного тона при S 10%, цветаномалию средней степени – в случаях распознавания оттенков при S 50% и выраженную – когда ребенок не различал оттенки даже при S 50%.

Статистическую обработку данных проводили в программе SPSS. Уровень значимости оценивали как статистически значимый при $p < 0,05$.

РЕЗУЛЬТАТЫ И ОБСУЖДЕНИЕ

У 38 (82,6%) детей контрольной группы выявлена нормальная трихромазия обоих глаз по всем тестам. У 4 (8,7%) детей возникли затруднения с определением формы тестовой фигуры в некоторых таблицах Е.Б. Рабкина. Один мальчик и две девочки (в возрасте 8–10 лет) не смогли определить форму фигуры в таблице № XX, еще одна девочка 11 лет – в таблицах № XX, XIV и XV (рис. 4). При этом дети правильно называли цвета отдельных кружков, составляющих изображение. Результаты исследования правого и левого глаза совпадали у всех детей.

Затруднения при использовании Neitz-test наблюдали у 6 (13%) детей. Из них трое детей не смогли определить цвет и форму хроматической фигуры в изображениях № 3 (коричневый квадрат минимальной насыщенности) и № 9 (зеленый треугольник минимальной насыщенности). Еще трое детей не

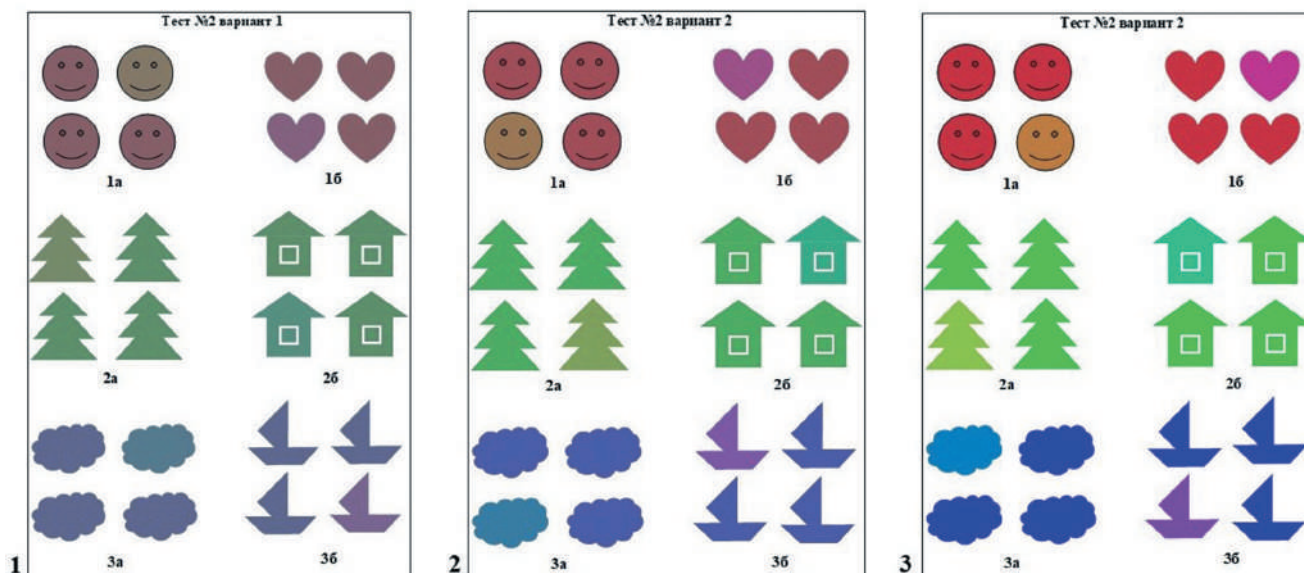


Рис. 3. Тест № 2, варианты 1–3

Fig. 3. Test № 2, variant 1–3

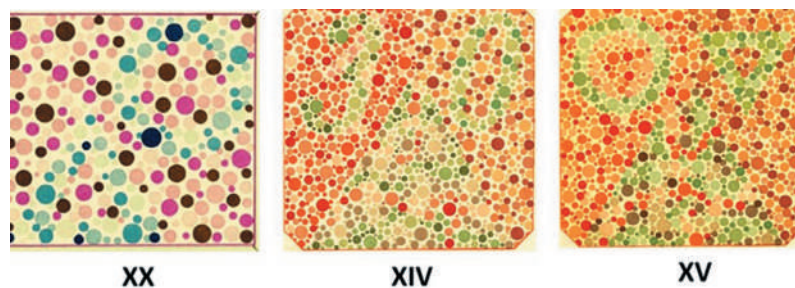


Рис. 4. Таблицы Е.Б. Рабкина, вызвавшие затруднения с определением формы тестовой фигуры у детей контрольной группы

Fig. 4. E.B. Rabkin's tables that caused difficulties in determining the shape of the test figure in children of the control group

смогли определить форму фигур, правильно назвав цвет изображений (№ 3 и 9).

При тестировании с помощью разработанных нами тестов все дети контрольной группы отличали хроматические изображения от ахроматических и правильно распознавали оттенки минимальной насыщенности (S 10%). Ни у кого из детей контрольной группы не возникло затруднений.

В группе с амблиопией только у 12 (34,3%) детей обнаружена нормальная трихромазия при исследовании обоих глаз при помощи всех трех тестов.

При исследовании хуже видящего глаза двое мальчиков не различали тестовую фигуру и цвет отдельных кружков в 12 таблицах Е.Б. Рабкина № VI, VII, IX, XI, XVI, XVII, XVIII, XXIII, XXIV, XXV, XXVI (отражающих восприятие зеленого и красного цве-

тов). Восприятие красного и зеленого цветов было нарушено у этих детей и на лучше видящем глазу. Причем у одного ребенка с двусторонней дисбинокулярной амблиопией слабой степени (visOD/OS = 0,7/0,6) показатели правого и левого глаза были одинаковыми. У другого мальчика с односторонней дисбинокулярной амблиопией средней степени (visOD/OS = 1,0/0,3) цветовосприятие лучше видящего (правого) глаза было нарушено в меньшей степени, чем хуже видящего. Еще 9 (25,7%) детей испытывали трудности с определением формы тестовой фигуры хуже видящим глазом, правильно назвав цвет отдельных кружков в таблицах № IV, X, XIV, XV, XX (рис. 5). Из них трое детей с двусторонней амблиопией испытывали такие же затруднения при исследовании лучше видящего глаза, остальные

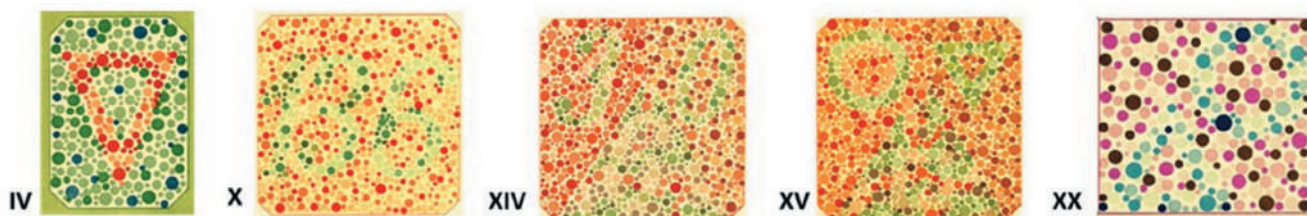


Рис. 5. Таблицы Е.Б. Рабкина, наиболее часто вызвавшие затруднения с определением формы тестовой фигуры у детей с амблиопией
Fig. 5. E.B. Rabkin's tables, which most often caused difficulties with determining the shape of the test figure in children with amblyopia

шесть детей не испытывали затруднений с опознанием формы тестового изображения при исследовании лучше видящего глаза.

При исследовании по Neitz-test хуже видящего глаза 14 (40%) детей хорошо определяли цвет и форму всех тестовых фигур. Из них у 10 детей по таблицам Е.Б. Рабкина также определялась нормальная трихромазия. Один мальчик с протанопией и дейтеранопией по таблицам Е.Б. Рабкина воспринимал в Neitz-test хуже видящим глазом ($vis\ 0,3$) только ахроматические фигуры (весь тест был отрицательным). Тем не менее лучше видящим глазом ($vis\ 1,0$) этот ребенок не видел цветные фигуры в изображениях № 3, 9, 6. Другой мальчик, затруднившийся с определением формы тестовой фигуры по таблицам Е.Б. Рабкина, не видел в Neitz-test цветные фигуры в изображениях № 2, 3, 6, 8, 9. Еще четверо детей не видели цветную фигуру в изображениях № 3, 9, 6 (из них двое затруднялись с определением формы тестовой фигуры в таблицах Е.Б. Рабкина). Остальные 15 (42,9%) детей, правильно называя цвета всех тестовых фигур в Neitz-test, могли ошибаться с их формой. Наиболее типичными ошибками восприятия формы были следующие: в № 3 (коричневый квадрат + серый круг) дети видели коричневый круг, в № 6 (розовый треугольник + серый круг) – розовый круг, в № 7 (синий квадрат + серый круг) – синий круг, в № 8 (желтый круг + серый треугольник) – желтый треугольник и в № 9 (зеленый треугольник + серый круг) – зеленый круг (рис. 6).

При исследовании по Neitz-test лучше видящего глаза у 27 (77,1%) детей не было затруднений с определением цвета и формы всех тестовых фигур. В остальных случаях четыре ребенка не различали хроматические фигуры в изображениях № 3, 9, 6 и еще четыре ребенка правильно называли цвет хроматических фигур в этих изображениях, но ошибались при определении формы.

Исследование хуже видящего глаза при помощи наших собственных тестов нарушения цветовосприятия выявлены у четырех детей (двух мальчиков и двух девочек). Два мальчика с нарушением восприятия красного и зеленого цветов по таблицам

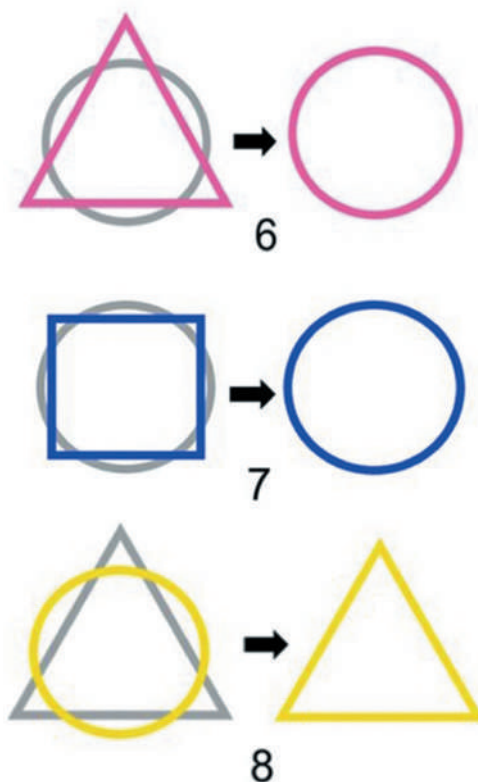


Рис. 6. Примеры ошибок в восприятии цвета и формы в тестовых изображениях Neitz-test у детей с амблиопией

Fig. 6. Examples of errors in color and shape perception in Neitz-test test images in children with amblyopia

Е.Б. Рабкина и Neitz-test не могли отличить хроматические изображения от ахроматических (Тест № 1) и не различал оттенки основных цветов (Тест № 2) при насыщенности цвета $S\ 10-30\%$, но правильно определяли хроматические картинки в обоих тестах при $S\ 50\%$. Две девочки с менее выраженными нарушениями цветовосприятия (касающиеся в основном красных и зеленых цветов) по таблицам Е.Б. Рабкина не отличали хуже видящим

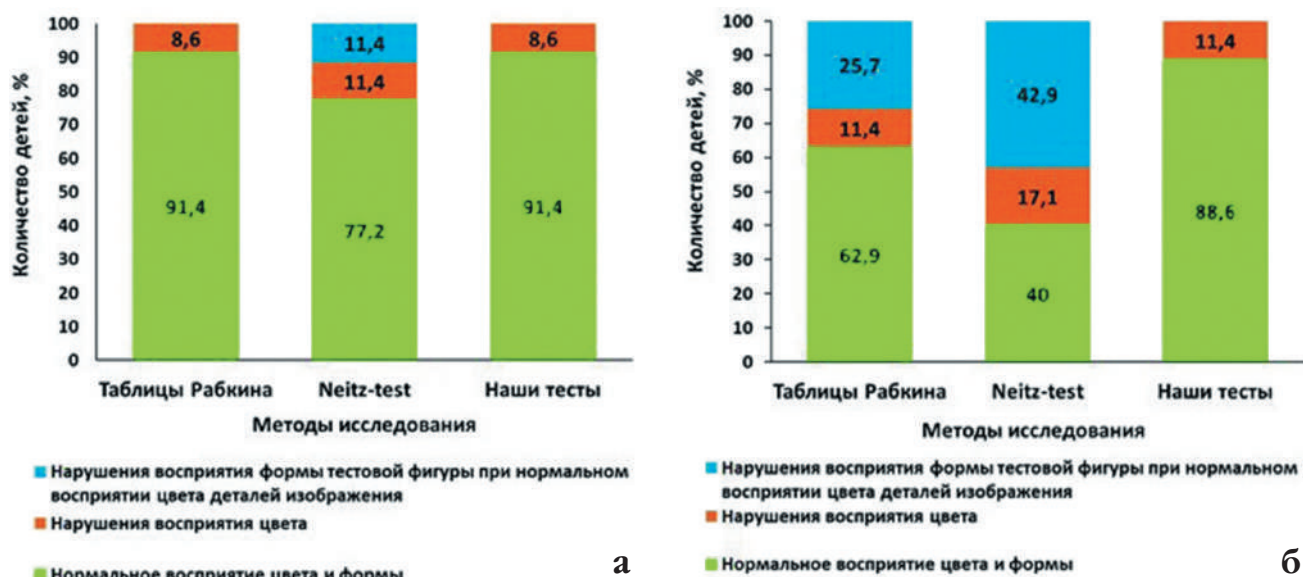


Рис. 7. Распределение (%) количества детей с амблиопией в зависимости от способности воспринимать цветотесты: а – лучше видящий глаз, б – хуже видящий глаз

Fig. 7. Distribution (%) of children with amblyopia depending on the ability to perceive color tests: a – better seeing eye, b – worse seeing eye

глазом красные и зеленые картинки от ахроматических и не различали оттенки основных цветов с минимальной насыщенностью цвета S 10%, но правильно определяли хроматические картинки в обоих тестах при S 30% и S 50%.

При исследовании лучше видящего глаза двое детей с двусторонней амблиопией слабой степени испытывали такие же затруднения, как и при исследовании хуже видящего глаза и одна девочка с односторонней амблиопией слабой степени (visOD/OS = 1,0/0,7) правильно воспринимала лучше видящим глазом все разработанные нами тестовые изображения. В остальных случаях нарушений цветовосприятия при использовании наших тестов не выявлено, в том числе у детей, затруднявшихся в распознавании формы тестовой фигуры, но правильно называвших цвета деталей изображения в таблицах Е.Б. Рабкина и Neitz-test (рис. 7).

Для сравнения чувствительности и специфичности нашего способа исследования цветового зрения с чувствительностью и специфичностью классических тестов мы отмечали выявленные нарушения цветового зрения только в тех случаях, когда дети не могли правильно определить не только форму тестовых фигур, но и цвет составляющих эти фигуры деталей. Те случаи, когда дети затруднились с определением только формы, но правильно назвали цвета деталей, мы не считали нарушениями цветовосприятия. При таком подходе мы получили близкие значения чувствительности и специфично-

сти при сравнении всех используемых в работе тестов (табл. 2, 3).

Анализируя полученные результаты, следует отметить значительную разницу успешности выполнения используемых тестов детьми с амблиопией и детьми группы контроля. В группе амблиопов результаты, полученные при помощи разных тестов, существенно варьировались, что может объясняться современными представлениями о большом значении многоканальной теории зрительного восприятия в патогенезе амблиопии. Данная теория учитывает существование двух основных параллельно функционирующих каналов проведения зрительной информации: 1) парвоцеллюлярного (Р-клеточного), служащего для проведения и анализа информации, относящейся к точному пространственному разрешению, цвету, различению размеров и формы, стереозрению; 2) магноцеллюлярного (М-клеточного), обеспечивающего восприятие движения объектов. В центральном отделе зрительного анализатора происходит дальнейшая дифференциация каналов на еще более специализированные. При амблиопии возможны изолированные поражения определенных каналов. Нарушения цветовосприятия связывают прежде всего с поражением парвоцеллюлярного канала. Так, у пациентов с дисбинокулярной амблиопией высокой степени выявлены нарушения чувствительности к красным и зеленым стимулам в центральной и парацентральных зонах,

Таблица 2

Чувствительность и специфичность нашего теста в сравнении с тестовыми таблицами Е.Б. Рабкина

Table 2

Sensitivity and specificity of our test in comparison with the test tables of E.B. Rabkin

Тесты Tests	Наш тест Our test		
Тест Рабкина Rabkin-test	Совпадающие + 28 глаз Coinciding + 28 eyes	Наш тест + Тест Рабкина – 2 глаза Our test + Rabkin-test – 2 eyes	Чувствительность теста Рабкина 93,3% Sensitivity of Rabkin-test 93,3%
	Наш тест – Тест Рабкина + 0 глаз Our test – Rabkin-test + 0 eyes	Совпадающие – 132 глаза Coinciding – 132 eyes	Специфичность теста Рабкина 100% Specificity of Rabkin-test 100%
	Чувствительность нашего теста 100% Sensitivity of our test 100%	Специфичность нашего теста 98,5% Specificity of our test 98.5%	Общее число глаз 162 Total number of eyes 162

Примечание: «+» случаи выявленных нарушений цветового зрения,
«–» случаи невыявленных нарушений цветового зрения.

Note: "+" cases of detected color vision deficiency, "-" cases of undetected color vision deficiency.

Таблица 3

Чувствительность и специфичность нашего теста в сравнении с Neitz-test

Table 3

Sensitivity and specificity of our test in comparison with the test tables of Neitz-test

Тесты Tests	Наш тест Our test		
Neitz-test	Совпадающие + 22 глаз Coinciding + 22 eyes	Наш тест + Neitz-test – 4 глаза Our test + Neitz-test – 4 eyes	Чувствительность Neitz-test 84,6% Sensitivity of Neitz-test 84,6%
	Наш тест – Neitz-test + 5 глаз Our test – Neitz-test + 5 eyes	Совпадающие – 131 глаза Coinciding – 131 eyes	Специфичность Neitz-test 96,3% Specificity of Neitz-test 96,3%
	Чувствительность нашего теста 81,5% Sensitivity of our test 81,5%	Специфичность нашего теста 97,1% Specificity of our test 97,1%	Общее число глаз 162 Total number of eyes 162

Примечание: «+» случаи выявленных нарушений цветового зрения,
«–» случаи невыявленных нарушений цветового зрения.

Note: "+" cases of detected color vision deficiency, "-" cases of undetected color vision deficiency.

менее выраженные, чем при органической патологии [5, 6, 14, 15].

Можно предположить то, что проблемы восприятия хроматической формы в таблицах Е.Б. Рабкина и в Neitz-test у детей с амблиопией также связаны с существованием в зрительной системе человека разных каналов определенной модальности. В условиях нормального функционирования зрительной системы информация о цвете и форме, проходящая по разным каналам в корковые отделы зрительного анализатора, интегрируется для успешного формирования целостного зрительного образа хроматической формы. Между тем в условиях офтальмопатологии нарушения работы этих каналов и механизма интеграции поступающей зрительной информации могут приводить к ошибкам в формировании целостного образа хроматической формы (binding problem) [31, 32]. Вероятно, это явление может быть причиной затруднений у части детей с амблиопией в определении формы тестовой фигуры, состоящей из множества отдельных цветных кружков в таблицах Е.Б. Рабкина, а также может объяснить феномен объединения формы ахроматической контрольной фигуры и цвета хроматической тестовой фигуры в единый зрительный образ при использовании Neitz-test. Такие тестовые изображения предусматривают сразу две зрительные задачи – опознание цвета и определение формы, что создает серьезные проблемы для детей с амблиопией. Подобные явления, но еще более выраженные, мы наблюдали при исследовании цветового зрения у детей с частичной атрофией зрительного нерва [29].

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Таким образом, при исследовании цветового зрения у детей при помощи таблиц Е.Б. Рабкина и Neitz-test нужно учитывать то, что эти тесты создают условия, когда обследуемому ребенку ставится сразу две задачи – различение цвета и опознание формы. У здорового ребенка школьного возраста сочетание таких зрительных задач не вызывает затруднений, но при амблиопии механизм интеграции информации о цвете и форме в единый образ хроматической формы может нарушаться, что затрудняет выполнение теста и приводит к ошибкам в интерпретации врачом ответов пациента.

Разработанные нами тестовые изображения не ставят перед ребенком сложной зрительной задачи опознания хроматической формы, в связи с чем более объективно отражают способность ребенка к распознаванию хроматического изображения от ахроматических такой же яркости, а также способности различать оттенки основных тонов разной степени насыщенности. Достоинствами метода являются простота выполнения, сокращение временных

затрат на обследование, доступность для понимания ребенка. В связи с чем они представляются более перспективными для использования на амбулаторном приеме у детей как школьного, так и дошкольного возраста.

Поскольку амблиопия представляет собой сложную многофакторную патологию зрительной системы, необходимо проводить исследование не только остроты зрения и контрастной чувствительности, но и других зрительных функций, в том числе способности к цветовосприятию.

Нужно учитывать, что нарушения цветового зрения могут выявляться не только при исследовании амблиопичного глаза, но и парного глаза с высокой остротой зрения. При этом нарушения цветового зрения, выявляемые со стороны хуже видящего глаза, более выражены, чем со стороны лучше видящего глаза.

ЛИТЕРАТУРА / REFERENCES

1. Аветисов Э.С. Дисбинокулярная амблиопия и ее лечение. М.: Медицина; 1968. [Avetisov SE. Disbinocularnaya ambliopia u detej. Moskva: Medicina; 1968. (In Russ.)]
2. Ковалевский Е.И., Михалёва Л.Г. Консервативные методы лечения детей дошкольного возраста с косоглазием и амблиопией. Офтальмологический журнал. 1982;6: 326–329. [Kovalevskij EI, Mihal'eva LG. Konservativnye metody lecheniya detej doshkol'nogo vozrasta s kosoglaziem i ambliopiei. Oftal'mologicheskij jurnal. 1982;6: 326–329. (In Russ.)]
3. Аветисов С.Э., Кащенко Т.П., Шамшинова А.М. Зрительные функции и их коррекция у детей. М.: Медицина; 2005: 358–369. [Avetisov SE, Kashchenko TP, Shamshinova AM. Zritelnye funkcii i ih korrekciya u detej. Moskva: Medicina; 2005: 358–369. (In Russ.)]
4. Рожкова Г.И., Матвеев С.Г. Зрение у детей. Проблемы оценки и функциональной коррекции. М.: Наука; 2007. [Rozhkova GI, Matveev SG. Zrenie u detej. Problemy ocenki i funkcional'noj korrekcii. Moskva: Nauka; 2007. (In Russ.)]
5. Хватова Н.В. Клинико-функциональные симптомы дисбинокулярной амблиопии и нейрофизиологические механизмы развития зрительных функций. Автореф. дис. ... кандидата мед. наук. М.; 2008. [Hvatova NV. Kliniko-funcional'nye simptomy disbinokularnoj ambliopii i neirofiziologicheskie mehanizmy razvitiya zritel'nyh funkcij. Avtoref dis. ... kandidata med. nauk. Moskva; 2008. (In Russ.)]
6. Матросова Ю.В. Этиопатогенез, клиника и методы лечения больных с амблиопией. Вестник НГУ. Серия: Биология, клиническая медицина. 2012;10(5): 193–202. [Matrosova UV. Etiopatogenez, klinika i metody lecheniya bol'nyh s ambliopiej. Vestnik NGU. Seriya: Biologiya, klinicheskaya medicina. 2012;10(5): 193–202. (In Russ.)]
7. Wong AMF. New concepts concerning the neural mechanisms of amblyopia and their clinical implications. Can. J. Ophthalmol. 2012;47 (5): 399–409.
8. Маглакелидзе Н.М., Зуева М.В. Амблиопия и бинокулярное зрение. Российский офтальмологический журнал. 2017;2:

- 97–102. [Maglakelidze NM, Zueva MV. Amblyopia i binokularnoe zrenie. Rossiiskii oftal'mologicheskii journal. 2017; 2: 97–102. (In Russ.)]
9. Gambacorta C, Nahum M, Vedamurthy G. An action video game for the treatment of amblyopia in children: A feasibility study. *Vision Research*. 2018;148: 1–14.
 10. Чупров АД, Борщук Е.Л., Воронина А.Е. Некоторые аспекты лечения амблиопии у детей. *Российский офтальмологический журнал*. 2018;11(1): 24–29. [Chuprov AD, Borshchuk EL, Voronina AE. Nekotorye aspekty lecheniya ambliopii u detej. Rossiiskii oftal'mologicheskii journal. 2018;11(1): 24–29. (In Russ.)]
 11. Бурлуцкая Л.А. Этиопатогенетические механизмы амблиопии. *Вестник офтальмологии*. 2007;3: 48–51. [Burluzkaya LA. Etiopatogeneticheskie mechanism ambliopii. Vestnik oftal'mologii. 2007;3: 48–51. (In Russ.)]
 12. Фабрикантов О.Л., Матросова Ю.В. Анизометропия и анизометропическая амблиопия (обзор литературы). *Офтальмология*. 2018;15(1): 12–17. [Fabrikantov OL, Matrosova UV. Anizometropiya i anizometropicheskaya amblyopiya (obzor literatury). Oftal'mologiya. 2018;15(1): 12–17. (In Russ.)]
 13. Терехова Т.В., Глумскова Ю.Д., Ломакина Е.В. Результаты комплексного лечения обскурационной амблиопии у детей после экстракции врожденной катаракты. *Российская детская офтальмология*. 2022;2: 13–19. [Terehova TV, Ulumskova UD, Lomakina EV. Rezultaty kompleksnogo lecheniya obskuracionnoj ambliopii u detej posle ekstrakcii vrojdennoj katarakty. Rossiiskaya detskaya oftal'mologiya. 2022;2: 13–19. (In Russ.)]
 14. Kocak-Altintas AG, Satana B, Koçak I, Duman S. Visual acuity and color vision deficiency in amblyopia. *European journal of ophthalmology*. 2000;10(1): 77–81.
 15. Нероев В.В., Маглакелидзе Н.М., Зуева М.В. Патофизиология амблиопии: вовлечена ли сетчатка? *Российский офтальмологический журнал*. 2014;7(4): 98–105. [Neroev VV, Maglakelidze NM, Zueva MV. Patofiziologiya ambliopii: вовлечена ли setchatka? Rossiiskii oftal'mologicheskii jurnal. 2014;7(4): 98–105. (In Russ.)]
 16. Rajavi Z, Sabbaghi H, Baghini AS, et al. Prevalence of color vision deficiency and its correlation with amblyopia and refractive errors among primary school children. *Journal of ophthalmic & vision research*. 2015;10(2): 130–136.
 17. Suliman IAM, Ali MSA. The effect of amblyopia on contrast sensitivity, color vision, and stereoacuity. *Al-Basar International Journal of Ophthalmology*. 2017;4(2): 54–59.
 18. Пономарчук А.В., Храменко Н.И. Цветослабость при врожденных нарушениях цветоощущения различной степени тяжести. *Офтальмологический журнал*. 2018;4: 39–43. [Ponomarchuk AV, Hramenko NI. Tsvetoslabosti pri vrojdennyh narusheniyah tsvetooshusheniya razlichnoi stepeni tiajesti. Oftal'mologicheskii jurnal. 2018;4: 39–43. (In Russ.)]
 19. Kuriki I. Emergence and separation of color categories: an NIRS study in prelingual infants and a k-means analysis on Japanese color-naming data. *Current Opinion in Behavioral Sciences*. 2019;30: 21–27.
 20. Tang T, Álvaro L, Alvarez J, et al. ColourSpot, a novel gamified tablet-based test for accurate diagnosis of color vision deficiency in young children. *Behavior Research Methods*. 2022;54(3): 1148–1160.
 21. Kerber KL. Testing Color Vision in Children. *The Pediatric Eye Exam Quick Reference Guide*. IGI Global; 2022.
 22. Agarwal A, Dinakar S, Tripathy NK, et al. Colour vision standards: Past, present, and future. *Indian Journal of Aerospace Medicine*. 2020;64(2): 93–99.
 23. Рабкин Е.Б. Полихроматические таблицы для исследования цветоощущения. М.: Медицина; 1971. [Rabkin EB. Polihromaticheskie tablitsy dlya issledovaniya tsvetooshusheniya. Moskva: Medicina; 1971. (In Russ.)]
 24. Ishihara S. Tests for Colour Blindness. Tokyo, Japan: Kanehara Shupper Co. Ltd.; 1972.
 25. Ngente Z, Jadav B, Aafaque S, et al. Prevalence of color vision anomalies among dental professionals. *Middle East African Journal of Ophthalmology*. 2021;28(3): 169–173.
 26. Lombu F, Panggabean E. Building Systems Testing Method Using Ishihara Color Blindness. *Journal of Computer Networks, Architecture and High Performance Computing*. 2020;2(2): 218–221.
 27. Neitz M, Neitz J. A new mass screening test for color-vision deficiencies in children. *Color Research & Application*. 2001;26(S1): S239–S249.
 28. Макаров И.А. Распространенность наследственных нарушений цветовосприятия. *Офтальмология*. 2020;17(3): 414–421. [Makarov IA. Rasprostranennosti nasledstvennyh narushenii tsvetovospriatiya. Oftalmologiya. 2020;17(3): 414–421. (In Russ.)]
 29. Рычкова С.И., Лихванцева В.Г., Сандимиров Р.И. Сравнительный анализ результатов исследования цветового зрения табличными методами у детей с врожденной частичной атрофией зрительного нерва. Актуальные вопросы нейроофтальмологии: сборник статей по материалам XXI научно-практической нейроофтальмологической конференции. М. – Тверь; 2022: 28–32. Rychkova SI, Likhvantseva VG, Sandimirov RI. Sravnitel'nyy analiz rezul'tatov issledovaniya tsvetovogo zreniya tablichnykh metodov u detej s vrozhdennoy chastichnoy atrofiyey zritel'nogo nerva. Aktual'nyye voprosy neyrooftal'mologii: sbornik statey po materialam XXI nauchno-prakticheskoy neyrooftal'mologicheskoy konferentsii. M. – Tveri; 2022: 28–32. [(In Russ.)]
 30. Danilova M, Mollon J. Horizontal lines in the MacLeod-Boynton diagram: Saturation discrimination and hue discrimination compared. *Journal of Vision*. 2019;19(8): 7–10.
 31. Treisman A. The binding problem. *Current Opinion in Neurology*. 1996;6: 171–178.
 32. Rychkova S, Ninio J. Paradoxical fusion of two images and depth perception with a squinting eye. *Vision Research*. 2009;49(5): 530–535.
- Информация об авторах**
Светлана Игоревна Рычкова — к.м.н., врач-офтальмолог, lana.rych@mail.ru, <https://orcid.org/0000-0001-6764-8950>
Вера Геннадьевна Лихванцева — д.м.н., профессор, врач-офтальмолог, likhvantseva-4@yandex.ru, <https://orcid.org/0000-0003-2708-7217>
Роман Игоревич Сандимиров — студент, sandimirov.roman@mail.ru <https://orcid.org/0000-0003-3163-2943>

Information about the authors

Svetlana I. Rychkova – PhD (Med.), Ophthalmologist, lana.rych@mail.ru, <https://orcid.org/0000-0001-6764-8950>

Vera G. Likhvantseva – Doct. of Sci. (Med.), Professor, Ophthalmologist, likhvantseva-4@yandex.ru, <https://orcid.org/0000-0003-2708-7217>

Roman I. Sandimirov – Medical student, sandimirov.roman@mail.ru <https://orcid.org/0000-0003-3163-2943>

Вклад авторов в работу:

С.И. Рычкова: участие в сборе, статистической обработке материала, написании текста.

В.Г. Лихванцева: обсуждение результатов и редактирование текста статьи.

Р.И. Сандимиров: участие в сборе и статистической обработке материала, поиск литературы, подготовка иллюстраций.

Author's contribution:

S.I. Rychkova: participation in the collection, statistical processing of the material, writing.

V.G. Likhvantseva: discussion of the results and editing of the text of the article.

R.I. Sandimirov: participation in the collection and statistical processing of the material, literature search, preparation of illustrations.

Финансирование: Авторы не получали конкретный грант на это исследование от какого-либо финансирующего агентства

в государственном, коммерческом и некоммерческом секторах.

Авторство: Авторы подтверждают, что они соответствуют действующим критериям авторства ICMJE.

Согласие пациента на публикацию: Письменного согласия на публикацию этого материала получено не было. Он не содержит никакой личной идентифицирующей информации.

Конфликт интересов: Отсутствует.

ORCID ID: С.И. Рычкова, 0000-0001-6764-8950

Funding: The authors have not declared a specific grant for this research from any funding agency in the public, commercial or not-for-profit sectors.

Authorship: Authors confirm that his meet the current ICMJE authorship criteria.

Patient consent for publication: No written consent was obtained for the publication of this material. It does not contain any personally identifying information.

Conflict of interest: There is no conflict of interest.

ORCID ID: S.I. Rychkova, 0000-0001-6764-8950

Поступила: 28.12.2022.

Переработана: 24.06.2023.

Принята к печати: 15.08.2023.

Originally received: 28.12.2022.

Final revision: 24.06.2023.

Accepted: 15.08.2023.