



Баранов А.Ю.^{1,2}✉, Бржеский В.В.¹, Скоробогатова Е.И.¹

¹ Санкт-Петербургский государственный педиатрический медицинский университет, Санкт-Петербург, Россия

² Научный центр психического здоровья, Москва, Россия

Современные возможности исследования цветового зрения у детей раннего возраста

Конфликт интересов: не заявлен.

Вклад авторов: существенный вклад в концепцию и дизайн исследования, сбор данных, анализ и обработка материала, написание текста – Баранов А.Ю.; существенный вклад в концепцию и дизайн исследования, редактирование, окончательное одобрение варианта статьи для опубликования – Бржеский В.В.; сбор, анализ и обработка материала, написание текста – Скоробогатова Е.И.

Публикация подготовлена в рамках выполнения Государственного задания № 075-03-2024-570/2 от 22.05.2024 по фундаментальной научной теме «Комплексная мультидисциплинарная оценка развития детей от рождения до 3 лет».

Подана: 11.08.2025

Принята: 08.09.2025

Контакты: a.iu.baranov@gmail.com

Резюме

Физиологические механизмы цветовосприятия определяются функцией 3 типов фоторецепторов сетчатки: S-колбочек (пик поглощения 426 нм), М-колбочек (530 нм) и L-колбочек (555 нм). Согласно наиболее распространенной классификации Криса – Нагеля – Рабкина, виды цветоощущения разделяют на нормальную трихромазию, аномальную трихромазию (протаномалия, дейтераномалия, тританомалия), дихромазию (протанопия, дейтеранопия, тританопия) и монохромазию (ахроматопию). Врожденные нарушения цветоощущения на красный и зеленый цвета имеют X-сцепленный рецессивный тип наследования, нарушения на синий цвет – аутосомно-доминантный тип наследования. Приобретенные нарушения следуют правилу Келлнера: сине-желтые дефекты характерны для ретиальной патологии (диабетическая ретинопатия, отслойка сетчатки), красно-зеленые – для поврежденного зрительного нерва (глаукома), что подтверждается данными о селективной потере соответствующих колбочек при данных заболеваниях. Оценка цветового зрения проводится в 2 направлениях: диагностика цветоаномальности и цветослабости. В первые месяцы жизни ребенка происходит быстрое развитие цветоощущения. Для оценки цветового зрения у детей раннего возраста существуют специализированные методы, однако из-за отсутствия стандартизации и сложности интерпретации результатов исследования диагностика цветоаномальности и цветослабости у детей младше 3 лет остается сложной задачей. Специализированные подходы включают: тесты, основанные на методе предпочтительного разглядывания; псевдоизохроматические картинки-тесты, адаптированные для детей младшего возраста; электрофизиологические исследования. При этом тесты для точной количественной оценки порогов цветоощущения (аномалоскоп Нагеля, панели Фарнswortha) непригодны для детей до 7 лет из-за сложности их выполнения. В настоящее время ключевой нерешенной задачей остается разработка доступных стандартизированных, клинически апробированных тестов для пациентов данной возрастной группы.



Ключевые слова: цветовое зрение, цветоаномалия, цветослабость, таблицы Рабкина, таблицы Ишихары, таблицы РАСТ, CVTМЕТ, таблицы Юстовой, аномалоскоп Нагеля

Baranov A.^{1,2}✉, Brzhesky V.¹, Skorobogatova E.¹

¹ Saint-Petersburg State Pediatric Medical University, Saint-Petersburg, Russia

² The Mental Health Research Center, Moscow, Russia

Modern Possibilities of Studying Color Vision in Young Children

Conflict of interest: nothing to declare.

Authors' contribution: substantial contribution to the concept and design of research, editing, collecting material, processing, writing text – Baranov A.; substantial contribution to the conception and design of the work, editing the text, final approval of the version to be published – Brzhesky V.; collection, analysis, and processing of material, writing the text – Skorobogatova E.

This publication was prepared as part of the State Assignment No. 075-03-2024-570/2 (dated May 22, 2024) under the fundamental scientific research topic "Comprehensive Multidisciplinary Assessment of Child Development from Birth to 3 Years of Age".

Submitted: 11.08.2025

Accepted: 08.09.2025

Contacts: a.ju.baranov@gmail.com

Abstract

The physiological mechanisms of color perception are determined by the function of three types of retinal photoreceptors: S-cones (peak absorption at 426 nm), M-cones (530 nm), and L-cones (555 nm). According to the widely accepted classification by Kries – Nagel – Rabkin, types of color vision are divided into normal trichromacy, anomalous trichromacy (protanomaly, deuteranomaly, tritanomaly), dichromacy (protanopia, deuteranopia, tritanopia), and monochromacy (achromatopsia). Congenital red-green color vision deficiencies follow an X-linked recessive inheritance pattern, whereas blue-yellow deficiencies exhibit an autosomal dominant inheritance. Acquired color vision defects follow the Köllner's rule: blue-yellow impairments are characteristic of retinal pathologies (e. g., diabetic retinopathy, retinal detachment), while red-green impairments are associated with optic nerve damage (e. g., glaucoma), which is supported by data on selective cone loss in these conditions. Assessment of color vision is performed in two main directions: diagnosis of color anomalies and color weakness. In the first months of life, color perception develops rapidly. Although specialized methods for evaluating color vision in young children do exist, the lack of standardization and the complexity of result interpretation make the diagnosis of color anomalies and deficiencies in children under 3 years of age particularly challenging. Specialized approaches include preferential looking techniques, pseudoisochromatic plate tests adapted for early childhood, and electrophysiological assessments. However, quantitative tests that measure chromatic discrimination thresholds, such as the Nagel anomaloscope and Farnsworth panels, are unsuitable for children under 7 years due to their procedural complexity. Currently, the development of accessible, standardized, and clinically validated tests for this age group remains a key unresolved challenge.

Keywords: color vision, color vision deficiency, color discrimination impairment, Rabkin's polychromatic plates, Ishihara color plates, PACT tables, CVTME, Yustova's threshold tables, Nagel's anomaloscope

■ ВРОЖДЕННЫЕ И ПРИОБРЕТЕННЫЕ НАРУШЕНИЯ ЦВЕТООЩУЩЕНИЯ

Одной из важнейших функций органа зрения является способность различать цвета. Цветовое зрение у человека обусловлено наличием в сетчатке 3 типов колбочек, названных по соотношению с длиной волны, соответствующей их пику поглощения. S-колбочки обладают наибольшей спектральной чувствительностью в синей части спектра (коротковолновой, λ_{max} – 426 нм), М-колбочки – в зеленой (средневолновой, λ_{max} – 530 нм), а L-колбочки – в красной (длинноволновой, λ_{max} – 555 нм) (рис. 1). Фотопреобразовательный цикл у палочек и всех 3 типов колбочек схож, различия заключаются в опсиновом компоненте, ответственном за вариации в спектре поглощения.

Наиболее распространена классификация видов цветоощущения Криса – Негеля – Рабкина, согласно которой выделяют нормальную трихромазию, аномальную трихромазию, дихромазию и монохромазию (рис. 2).

Люди с аномальной трихромазией имеют все 3 функционирующих типа колбочек, но один из них изменен так, что имеет аномальный спектр поглощения света, и это уменьшает способность к различению цветов среди определенных цветовых оттенков. Таким образом, выделяют аномальное восприятие красного (протаномалию), зеленого (дейтераномалию) и синего (тританомалию) цветов. Выраженность дисфункции первых 2 видов нарушений варьирует среди людей и подразделяется на 3 степени: А – максимальная, В – средняя и С – минимальная.

У пациентов с дихромазией полностью утрачена функция одного из типов колбочек. В зависимости от пораженного вида колбочек выделяют протанопию, дейтеранопию и тританопию.

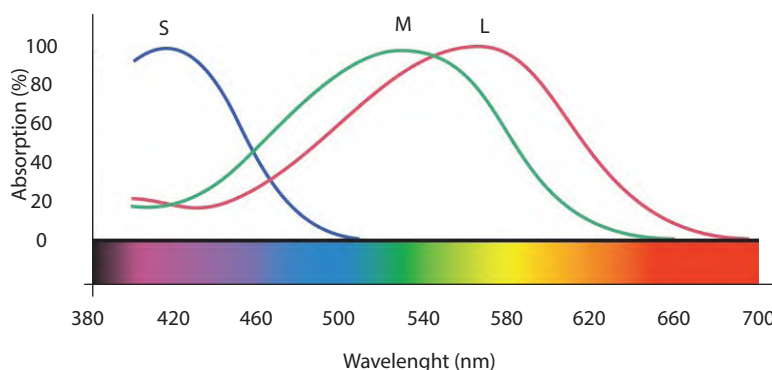


Рис. 1. Спектры поглощения 3 типов колбочек: коротковолновых (S), средневолновых (M) и длинноволновых (L)

Fig.1. Absorption spectra of the 3 types of cone photopigment: short- (S), middle- (M), and long- (L) wavelength sensitive

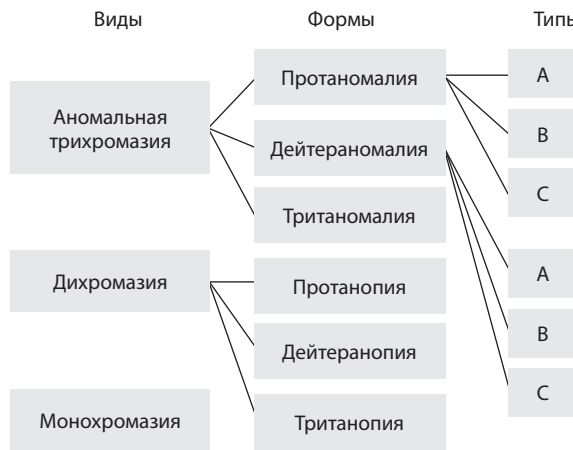


Рис. 2. Виды врожденных нарушений цветового зрения по Крису – Нагелю – Рабкину
Fig. 2. Types of congenital color vision deficiencies according to the Kries – Nagel – Rabkin

При монохромазии (также известной как ахроматопсия) человек полностью не способен различать разные длины волн света. Существует 2 основные, клинически трудно отличимые причины монохромазии: палочковая монохромазия, которая представляет собой полное отсутствие колбочек, и S-колбочковая монохромазия, которая выражается в отсутствии М- и L-колбочек. В обоих случаях, помимо нарушения цветоощущения, у пациентов наблюдается снижение остроты зрения, врожденный нистагм и светобоязнь. Палочковая монохромазия проявляет переменную экспрессивность, и острота зрения обычно находится в диапазоне от 0,2 до 0,1. Пациенты с S-колбочковой монохромазией, как правило, имеют несколько более высокую остроту зрения благодаря присутствию в центральной ямке небольшого количества S-колбочек, которые, однако, обычно отсутствуют в центре фovea. Специализированное исследование S-колбочек при помощи ЭРГ может быть полезным для различения этих 2 состояний (рис. 3) [1].

Ген, кодирующий опсины М-колбочек и L-колбочек, расположен на X-хромосоме и является рецессивным, поэтому врожденные нарушения цветоощущения на красный и зеленый цвета встречаются чаще у мужчин (около 8%), чем у женщин (менее 1%) [2, 3]. В то же время ген, кодирующий опсин S-колбочек, расположен на хромосоме 7 (соматической), поэтому тританомалия и тританопия не имеют половой предрасположенности, данные виды нарушений встречаются редко.

В свою очередь, к приобретенным нарушениям цветоощущения могут приводить различные заболевания сетчатки и зрительного нерва. Правило Кёллнера, предложенное в 1912 г., гласит, что ретиальная патология, как правило, вызывает сине-желтые дефекты цветового зрения (похожие на тританомалию), тогда как патология зрительного нерва в большинстве случаев вызывает красно-зеленые дефекты цветового зрения (похожие на протаномалию или дейтераномалию). Исследование Т.М. Nork, опубликованное в 2000 г., подтвердило селективную потерю S-колбочек при диабетической ретинопатии и отслойке сетчатки, а также потерю М-колбочек и L-колбочек при глаукоме [4].

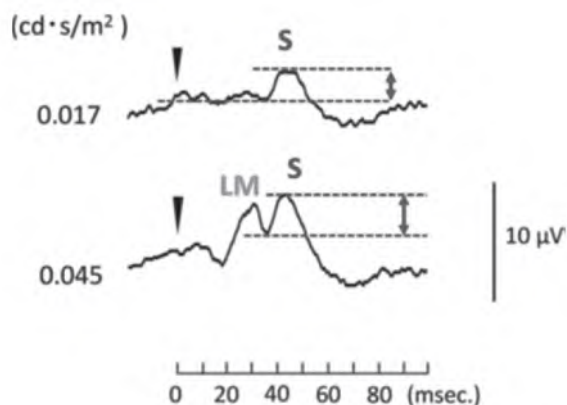


Рис. 3. Измерение амплитуды S-колбочковой ЭРГ в ответ на стимул низкой яркости (вызвавший 1 пик) и на стимул средней силы (вызвавший 2 пика). Во втором случае первый пик соответствует ЭРГ от L-/M-колбочек, второй пик – ЭРГ от S-колбочек. Амплитуду измеряют от впадины, предшествующей пику S-колбочковой ЭРГ, до его вершины (обозначено пунктирными линиями)
 Fig. 3. Measuring the amplitude of the S-cone ERG in a response to a dim stimulus that contains only 1 peak and in a response to a stimulus of moderate strength that contains 2 peaks, the first is the L-/M-cone ERG and the second the S-cone ERG. Amplitude is measured from the trough preceding the S-cone ERG peak (indicated by dashed lines)

■ МЕТОДЫ ИССЛЕДОВАНИЯ ЦВЕТООЩУЩЕНИЯ

Поведенческие и электрофизиологические исследования показывают, что при рождении у ребенка цветовое зрение развито слабо, однако в первые несколько месяцев жизни происходит довольно быстрое его становление [5–7]. Новорожденные способны к некоторому цветовосприятию, но в большинстве случаев оно очень ограничено. Большинство новорожденных (74%) продемонстрировали способность отличать красный цвет от белого, но не справились с синим (86%), желтым (75%) и зеленым (64%) цветами. К первому месяцу показатели детей в отношении синего и зеленого спектра несколько улучшаются [8, 9]. D.Y. Teller провела исследование с использованием метода предпочтительного разглядывания, подтверждающее наличие цветового зрения у двухмесячных детей: испытуемые фиксировали взгляд на демонстрируемых красных, оранжевых, сине-зеленых полосах на белом фоне, но не распознавали желто-зеленый и фиолетовый цвета [10, 11]. По данным Mercer et al., только к 3 месяцам младенцы демонстрируют достоверные признаки отличия всех 4 хроматических стимулов от белого [12].

В современной клинической практике в целях оценки цветоощущения как у детей, так и у взрослых применяются субъективные методы в виде различных видов таблиц. Исследование при этом может проводиться в 2 направлениях: диагностики цветоаномальности и цветослабости.

Первая задача решается с помощью псевдоизохроматических таблиц, наиболее часто используются таблицы Е.Б. Рабкина или Ишихары (рис. 4а и 4б). В ходе исследования испытуемый должен распознать или обвести геометрическую фигуру или цифру на цветовом «камуфляжном» фоне, уравненном с такой фигурой по яркости

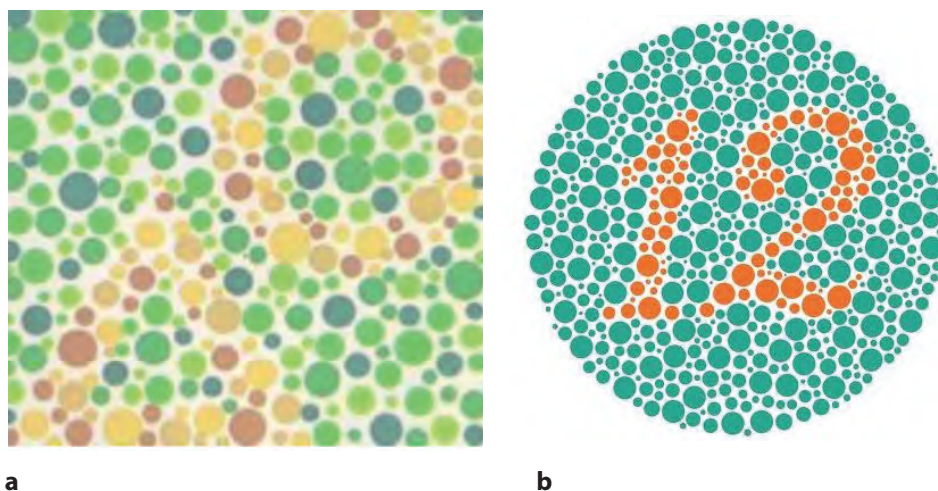


Рис. 4. Псевдоизохроматические таблицы Рабкина (а) и Ишихары (b)
Fig. 4. Pseudoisochromatic plates: Rabkin (a); Ishihara (b)

и насыщенности цвета. Пациенты с нарушением восприятия определенного цветового тона либо не могут различить цель, либо видят другую цель, отличную от той, которую видят люди с нормальной трихромазией [13]. Тест-картинки Ишихары наиболее широко распространены, дольше всех применяются в клинической практике и обладают высокой чувствительностью и специфичностью [14]. В нескольких исследованиях сообщается, что около 90% трехлетних детей могут успешно выполнить данный тест [14, 15].

В настоящее время существует ряд специализированных методов, позволяющих оценить цветовое зрение у младенцев и детей младшего возраста [5, 16], однако эти методы исследования либо очень трудоемки, либо дорогостоящи, из-за чего малоприменимы в клинической практике. Кроме того, в отличие от диагностических тестов на цветоощущение, которые в настоящее время используются у детей старшего возраста и взрослых, существующие методы оценки цветоощущения у детей младше 3 лет не стандартизированы, что приводит к сложности оценки результатов и их клинической интерпретации.

Так, псевдоизохроматическим тестом, разработанным специально для детей до 3 лет, с применением метода предпочтительного разглядывания являются картинки Пиза и Аллена – таблицы PACT (Plate for the Assessment of Color Type) [17] (рис. 5). Цель на каждой пластине представляет собой простой квадратный массив из дисков размером 5 см × 5 см, расположенных слева или справа на фоне размером 30 × 10 см. В основе метода предпочтительного разглядывания лежит фиксация наблюдателем движения головы и/или глаз ребенка с последующей задержкой взора на цели, он сходен с методикой, используемой в карточках остроты зрения Teller, которые в настоящее время широко используются для оценки остроты зрения у детей старше 6 мес. Было проведено исследование, показывающее относительную эффективность теста у детей до 17 мес. и высокую эффективность у детей в возрасте 17–23 мес. [18].

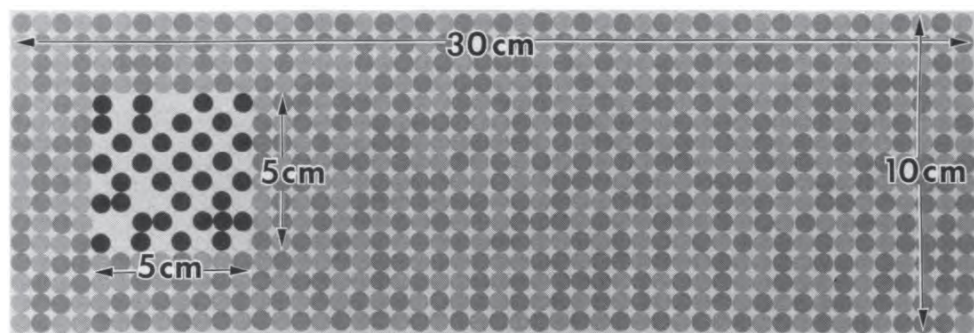


Рис. 5. Демонстрационная таблица РАСТ. Показаны общие размеры фона нейтрального цвета (оттенков серого) и квадратной тестовой фигуры, состоящей из темных кружков на светлом фоне (значения N3.5 и N9.5 в цветовой системе Манселла). В наборе также представлены таблицы фиолетового, синего и зеленого цветов

Fig. 5. The PACT demonstration table. The overall dimensions of the neutral gray background and the square test figure composed of dark dots on a light background are shown (values N3.5 and N9.5 in the Munsell color system). The set also includes tables in purple, blue, and green colors

В детской офтальмологии также используется упрощенный тест на цветовое зрение (CVTМЕТ), определяющий наличие или отсутствие аномалий цветоощущения без возможности их классификации. Тест состоит из 2 частей: в первой изображены круги, квадраты и звездочки, которые ребенок может назвать или обвести; вторая включает простые легкоузнаваемые предметы (лодка, дом, собака). Данный тест возможно применять у детей до 3 лет, однако на сегодняшний день нет исследований, демонстрирующих его эффективность при работе с этой категорией пациентов [19].

Существуют также различные варианты псевдоизохроматических картинок-тестов, ориентированные в основном на детей раннего возраста, в частности тест Харди – Рэнда – Риттера (в тесте используются понятные детям фигуры и кисточка, которой ребенок может обводить различаемые фигуры, если не хочет или не может дать вербальный ответ), Кодзимы – Мацубары, Фельхагена, таблица Пфлюгера [2, 20]. В последней цель представляет собой букву «Е» в различной ориентации, а в руки ребенку дается «трезубец», который надо сопоставить с целью в таблице (рис. 6).

Цветослабость определяют с помощью пороговых таблиц Е.Н. Юстовой, в набор которых входят таблицы с последовательно уменьшающимся порогом различения красного, зеленого и синего цветов на «камуфляжном» фоне (рис. 7). Данные таблицы позволяют выявить снижение чувствительности колбочек к конкретному цвету (прото-, дейтеро- и тритодефицит I–III степени). Однако использование данных таблиц у детей в возрасте до 3 лет все же затруднено.

В настоящее время набирают популярность цифровые альтернативы тестов на цветоощущение, проводимые на экране электронного фороптера, либо онлайн на устройстве обследуемого. В небольшом исследовании, проведенном Ван Стаденом и др., онлайн-тест Ишихары на сайте color-blindness.com позволил отличить пациентов с нормальным цветоощущением от пациентов с аномалиями цветового зрения, но не смог точно определить степень дефекта [21]. Компьютерный тест на цветоощущение Ваггонера (WCCVT) на сайте testingcolorvision.com показал достаточно хорошие

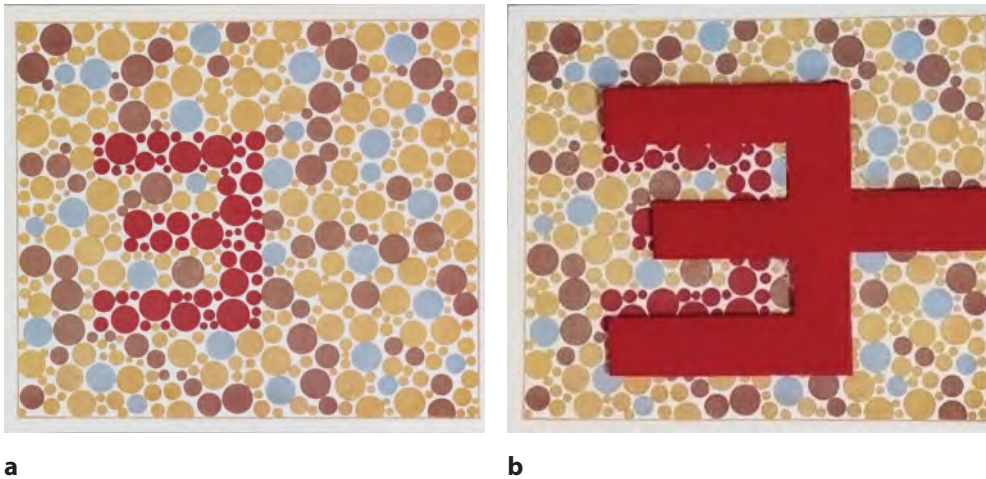


Рис. 6. Псевдоизохроматическая таблица Пфлюгера (а) с приложенным к ней «трезубцем» (b)
Fig. 6. Pflüger's pseudoisochromatic table (a) with the "trident" attached to it (b)

результаты и продемонстрировал более высокую чувствительность и специфичность, чем онлайн-тест Ишихары [22]. Важным фактором при использовании цифровых тестов является то, что на достоверность теста и его валидность может повлиять



Рис. 7. Пороговые таблицы Юстовой для оценки цветослабости
Fig. 7. Yustova's threshold tables for the assessment of color weakness

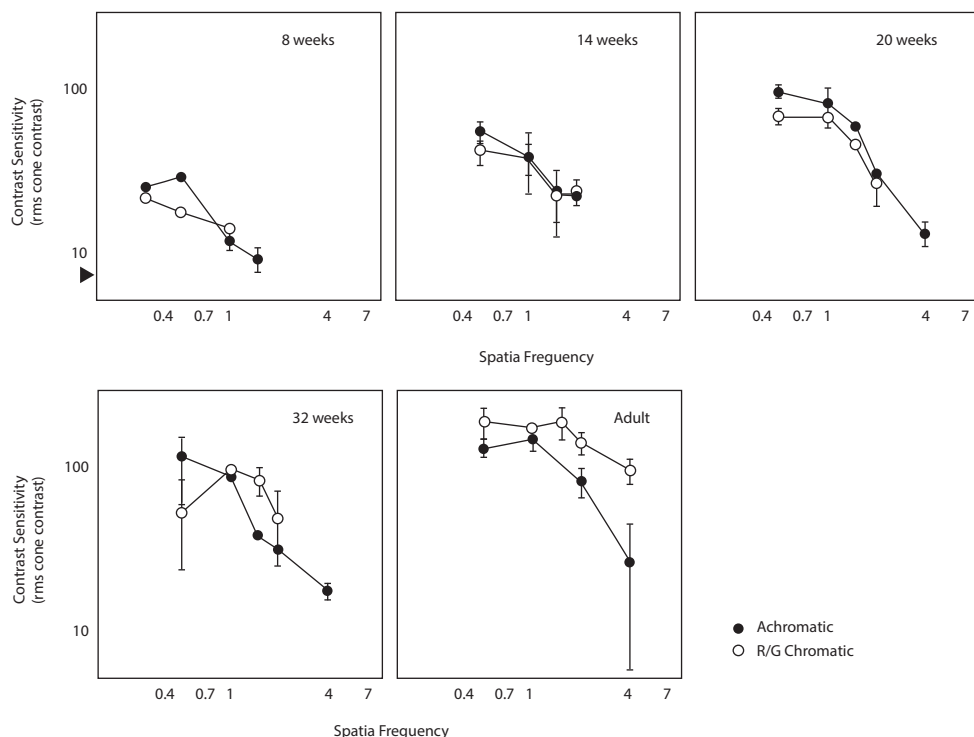


Рис. 8. Ахроматическая и хроматическая контрастная чувствительность у детей различного возраста и взрослых по данным sweep-ЗВКП. Точки показывают медианные функции контрастной чувствительности: заполненные символы – ахроматические стимулы, пустые символы – хроматические стимулы. Стрелка на ординате в 8 недель указывает на предел гаммы для хроматических стимулов. Чувствительность отображена в единицах среднеквадратичного контраста колбочки

Fig. 8. Achromatic and chromatic contrast sensitivity in children of different ages and in adults based on sweep-VEP data. Points represent median contrast sensitivity functions: filled symbols correspond to achromatic stimuli; open symbols – to chromatic stimuli. The arrowhead on the ordinate at 8 weeks marks the gamut limit for chromatic stimuli. Sensitivity is shown in units of cone root mean square (RMS) contrast

разрешение и калибровка монитора. Также необходимо учитывать блики от экранов компьютеров и уровень освещения в помещении. Необходимы дальнейшие исследования для оценки достоверности цифровых тестов на цветоощущение [23].

Следует отметить, что аномалоскоп Нагеля и тесты на различение цветов и их оттенков с использованием специальных цветных дисков (тест-панели Фарнsworthа – Манселла 100 (FM100) и его упрощенной версии – панели Фарнsworthа D15 (FD15)), применяемые в целях точной количественной оценки порогов цветоощущения, вследствие сложности задания и продолжительности исследования применяются у детей только со школьного возраста [24, 25].

Для объективного исследования цветового зрения у детей до 3 лет может использоваться электрофизиологическое исследование (различные варианты ЗВКП, включая sweep-ЗВКП, на различные хроматические стимулы) (рис. 8). Однако широкого применения в клинической практике данный метод не нашел [5, 26].



■ ЗАКЛЮЧЕНИЕ

При обследовании детей младше 3 лет в целях диагностики аномалий цветового зрения целесообразно использовать быстрые скрининговые тесты. В случае выявления нарушения цветоощущения – проводить дополнительные исследования для определения его типа и степени. Однако при этом часто невозможно проведение полного обследования до тех пор, пока ребенок не станет достаточно взрослым, чтобы пройти более сложные тесты, например тест с использованием anomalоскопа. Актуальной задачей является разработка доступного, точного и стандартизированного теста для раннего выявления аномалий цветового зрения у детей раннего возраста [23].

■ ЛИТЕРАТУРА/REFERENCES

1. Perlman I., Kondo M., Chelva E., et al. ISCEV extended protocol for the S-cone ERG. *Doc Ophthalmol.* 2020 Apr;140(2):95–101. doi: 10.1007/s10633-019-09730-6
2. Fanlo Zarazaga A., Gutiérrez Vázquez J., Pueyo Royo V. Review of the main colour vision clinical assessment tests. *Arch Soc Esp Oftalmol (Engl Ed)*. 2019 Jan;94(1):25–32. English, Spanish. doi: 10.1016/j.oftal.2018.08.006
3. Neitz J. A new mass screening test for color-vision deficiencies in children. *Color Research & Application*. 2001. doi:10.1002/1520-6378(2001)26:1+<::AID-COL51>3.3.CO;2-C
4. Nork T.M. Acquired color vision loss and a possible mechanism of ganglion cell death in glaucoma. *Trans Am Ophthalmol Soc.* 2000;98:331–63.
5. Crognale M.A., Kelly J.P., Weiss A.H., et al. Development of the spatio-chromatic visual evoked potential (VEP): a longitudinal study. *Vision Res.* 1998 Nov;38(21):3283–92. doi: 10.1016/S0042-6989(98)00074-1
6. Morrone M.C., Fiorentini A., Burr D.C. Development of the temporal properties of visual evoked potentials to luminance and colour contrast in infants. *Vision Res.* 1996 Oct;36(19):3141–55. doi: 10.1016/0042-6989(96)00050-8
7. Teller D.Y., Civan A., Bronson-Castain K. Infants' spontaneous color preferences are not due to adult-like brightness variations. *Vis Neurosci.* 2004 May–Jun;21(3):397–401. doi: 10.1017/S0952523804213360
8. Adams R.J., Courage M.L., Mercer M.E. Systematic measurement of human neonatal color vision. *Vision Res.* 1994 Jul;34(13):1691–1701. doi: 10.1016/0042-6989(94)90127-9
9. Skelton A.E., Maule J., Franklin A. Infant color perception: Insight into perceptual development. *Child Dev Perspect.* 2022 Jun;16(2):90–95. doi: 10.1111/cdep.12447
10. Teller D.Y. The forced-choice preferential looking procedure: A psychophysical technique for use with human infants. *Infant Behavior & Development.* 1979;2:135–153. doi: 10.1016/S0163-6383(79)80016-8
11. Teller D.Y. Spatial and temporal aspects of infant color vision. *Vision Res.* 1998 Nov;38(21):3275–82. doi: 10.1016/S0042-6989(97)00468-9
12. Mercer M.E., Courage M.L., Adams R.J. Contrast/color card procedure: a new test of young infants' color vision. *Optom Vis Sci.* 1991 Jul;68(7):522–32. doi: 10.1097/00006324-199107000-00003
13. Birch J. (1993) *Diagnosis of defective colour vision*. Oxford: Oxford University Press.
14. Birch J. Efficiency of the Ishihara test for identifying red-green colour deficiency. *Ophthalmic Physiol Opt.* 1997 Sep;17(5):403–8.
15. Choi S.Y., Hwang J.M. Ishihara test in 3- to 6-year-old children. *Jpn J Ophthalmol.* 2009 Sep;53(5):455–7. doi: 10.1007/s10384-009-0716-1
16. Teller D.Y., Pereverzeva M., Zemach I.K. Infant colour perception and discrete trial preferential looking paradigms. *Progress in Colour Studies.* 2006;(2):69–90.
17. Pease P.L., Allen J. A new test for screening color vision: concurrent validity and utility. *Am J Optom Physiol Opt.* 1988 Sep;65(9):729–38. doi: 10.1097/00006324-198809000-00007
18. Mercer M.E., Drodge S.C., Courage M.L., et al. A pseudoisochromatic test of color vision for human infants. *Vision Res.* 2014 Jul;100:72–7. doi: 10.1016/j.visres.2014.04.006
19. Cotter S.A., Lee D.Y., French A.L. Evaluation of a new color vision test: "color vision testing made easy". *Optom Vis Sci.* 1999 Sep;76(9):631–6. doi: 10.1097/00006324-199909000-00020
20. National Research Council (US) Committee on Vision. (1981) *Procedures for Testing Color Vision: Report of Working Group 41*. Washington (DC): National Academies Press (US).
21. Staden D., Noor Mahomed F., Govender S., et al. Comparing the validity of an online Ishihara colour vision test to the traditional Ishihara handbook in a South African university population. *African Vision and Eye Health.* 2018 Feb;77(1):4. doi: <https://doi.org/10.4102/aveh.v77i1.370>
22. Picken D., Mann W., Rings M. (2014) *Validation of a computerized color vision test*. Aerospace Medical Conference, San Diego, CA.
23. Zhu-Tam L., Chung I. The Pediatric Eye Exam Quick Reference Guide: Office and Emergency Room Procedures. *IGI Global Scientific Publishing.* 2022:21–31. doi: 10.4018/978-1-7998-8044-8
24. Atchison D.A., Bowman K.J., Vingrys A.J. Quantitative scoring methods for D15 panel tests in the diagnosis of congenital color vision deficiencies. *Optom Vis Sci.* 1991 Jan;68(1):41–8. doi: 10.1097/00006324-199101000-00007
25. Birch J. Diagnosis of defective color vision using the Nagel anomaloscope. *Documenta Ophthalmologica Proceedings Series.* 1982;(33):231–236. doi: 10.1007/978-94-011-1856-9_3
26. Kelly J.P., Borchert K., Teller D.Y. The development of chromatic and achromatic contrast sensitivity in infancy as tested with the sweep VEP. *Vision Res.* 1997 Aug;37(15):2057–72. doi: 10.1016/S0042-6989(97)00011-4