

Микропериметрия в детской практике



Р.Р. Хубиева

ФГБУ «Национальный медицинский исследовательский центр глазных болезней им. Гельмгольца»
Министерства здравоохранения Российской Федерации
ул. Садовая-Черногрозская, 14/19, Москва, 105062, Российская Федерация

РЕЗЮМЕ

Офтальмология. 2021;18(4):807–814

Охрана здоровья детей относится к приоритетным направлениям здравоохранения во всем мире. В программе ВОЗ «Ликвидация устранимой слепоты в мире Vision - 2020» проблемам детской офтальмопатологии отведено четвертое место и созданы целевые программы для их устранения. Внедрение современного оборудования в клиническую практику детских офтальмологов позволило расширить границы традиционной диагностики. Микропериметрия — инновационное количественное неинвазивное диагностическое исследование, направленное на оценку функциональной способности сетчатки в строгой корреляции с морфологией. Наряду с оценкой световой чувствительности микропериметр позволяет измерять параметры фиксации, что служит надежным критерием ее устойчивости и косвенно отражает функциональную организацию центрального зрения. В связи с этим в литературном обзоре представлены результаты отечественных и зарубежных исследователей, которые использовали микропериметрическое тестирование как основной или дополнительный метод исследования при заболеваниях различной этиологии, таких как наследственные заболевания сетчатки, амблиопия, нистагм. Большинство авторов продемонстрирована высокая диагностическая значимость этого метода, возможность оценки светочувствительности сетчатки, выявление нарушений со стороны фиксации, таких как эксцентричность и нестабильность, даже у пациентов детского возраста. Также было показано использование микропериметрии в качестве нового метода лечения при данных заболеваниях. Зрительная реабилитация на основе обратной биологической связи, предусмотренной данным прибором, показала высокую эффективность при заболеваниях центральной области. Еще предстоит провести дополнительные исследования, чтобы определить будущие потенциальные возможности применения этой технологии, в частности в детской практике, а также развить потенциал микропериметрии как инструмента для зрительной реабилитации пациентов.

Ключевые слова: микропериметрия, болезнь Штаргарта, пигментный ретинит, амблиопия, нистагм, светочувствительность сетчатки, фиксация

Для цитирования: Хубиева Р.Р. Микропериметрия в детской практике. *Офтальмология*. 2021;18(4):807–814. <https://doi.org/10.18008/1816-5095-2021-4-807-814>

Прозрачность финансовой деятельности: Автор не имеет финансовой заинтересованности в представленных материалах или методах

Конфликт интересов отсутствует



Microperimetry in Children's Practice

R.R. Khubieva

Helmholtz National Medical Research Center of Eye Diseases
Sadovaya-Chernogryazskaya str., 14/19, Moscow, 105062, Russian Federation

ABSTRACT

Ophthalmology in Russia. 2021;18(4):807–814

Child health is a global health priority. The program "Elimination of Elimenable Blindness in the World of Vision-2020" gives the fourth place to the problems of pediatric ophthalmopathology and creates targeted programs for their elimination. The introduction of modern equipment in the clinical practice of pediatric ophthalmologists has expanded the boundaries of traditional diagnostics. Microperimetry is an innovative, quantitative, non-invasive diagnostic study aimed at assessing the functional ability of the retina in strict correlation with morphology. Along with the assessment of light sensitivity, the device allows you to measure fixation parameters, which serves as a reliable criterion for its stability and indirectly reflects the functional organization of central vision. In this regard, the literature review presents the results of domestic and foreign researchers who used microperimetric testing as the main or additional research method for diseases of various etiologies, such as hereditary retinal diseases, amblyopia, and nystagmus. Most authors have demonstrated the high diagnostic significance of this method, the ability to assess photosensitivity of the retina, the detection of fixation disorders, such as eccentricity and instability, even in pediatric patients. The use of microperimetry as a new method of treatment for these diseases has also been shown. Visual rehabilitation based on biofeedback provided by this device has shown high efficiency in diseases of the central region. More research remains to be done to determine future potential applications of this technology, in particular in pediatric practice, and to develop the potential of microperimetry as a tool for the visual rehabilitation of patients.

Keywords: microperimetry, Stargardt disease, retinitis pigmentosa, amblyopia, nystagmus, retinal photosensitivity, fixation

For citation: Khubieva R.R. Microperimetry in Children's Practice. *Ophthalmology in Russia*. 2021;18(4):807–814.
<https://doi.org/10.18008/1816-5095-2021-4-807-814>

Financial Disclosure: The author has no financial or property interest in any material or method mentioned

There is no conflict of interests

Охрана здоровья детей относится к приоритетным задачам развития отечественного здравоохранения. Это одна из наиболее актуальных медико-социальных проблем, включающая в себя предупреждение и лечение заболеваний глаз, профилактику слепоты и слабовидения, снижение уровня инвалидности вследствие заболеваний глаз. По данным ВОЗ, в мире около 1,5 млн слепых детей. Инвалиды по зрению с детства составляют 20,7 % от общего числа инвалидов по зрению в Российской Федерации [1–3]. Предупреждение развития заболевания, ранняя дифференциальная диагностика, возможность прогнозирования течения болезни, разработка критериев эффективности лечения — эти возможности стали доступнее в наше время благодаря появлению на рынке нового диагностического оборудования.

Микропериметрия — неинвазивный инновационный метод, сочетающий в себе одновременно морфологический и функциональный подход к обследованию пациента. Первым методом, позволившим получить у пациентов с любой остротой зрения и нарушением фиксации карту светочувствительности глазного дна, сопоставленную с анатомическими ориентирами, стала сканирующая лазерная офтальмоскопия (SLO) (Rodentstock, Германия). Данный прибор давал возможность следить за фиксацией взора, исследовать в реальном времени выбранную область сетчатки при помощи инфракрасного лазера и позволял вручную проецировать визуальные стимулы различных форм, размеров и интенсивности на выбранные области сетчатки. В конце исследования прибор генерировал карту чувствительности, выраженную в децибелах. Однако ряд существенных недостатков,

таких как высокая стоимость самого прибора и его обслуживания, невозможность проведения автоматизированного исследования и обследования тех же точек, что и при первичной диагностике, не позволили прибору прочно войти в клиническую практику офтальмологов [4, 5, 7].

Двадцать лет спустя, в начале 2000-х годов, в клинической практике стали использовать полностью автоматизированный микропериметр МР-1 (Nidek, Япония), позволяющий создавать карты светочувствительности путем наблюдения реальной картины глазного дна и обладающий возможностью контроля анатомического местоположения стимула. Полученные результаты отображались прибором как в виде числового значения светочувствительности, так и в виде различных схем. Программное обеспечение МР-1 содержало систему автоматического отслеживания движений глаз, которая постоянно корректирует местоположение стимула в соответствии с текущим изображением глазного дна. Интенсивность стимула может изменяться с шагом в 1 дБ в диапазоне до 20 дБ, размер стимула способен варьировать в соответствии со стандартными размерами стимула по Гольдману: от I до V. В конце любого микропериметрического теста полученные точки фиксации точно накладываются на цветную фотографию глазного дна, сделанную встроенной CCD-камерой. Программное обеспечение микропериметра автоматически анализирует стабильность фиксации в соответствии с двумя различными методиками: клинической классификацией, предложенной Fujii и соавт., и анализом площади эллипса двумерного контура, предложенным Crossland и соавт. [5, 6].

Р.Р. Хубиева

Первый метод измерения вычисляет процент точек фиксации, попадающих в круг 2° и 4° (P1 и P2 соответственно). Основное преимущество этого метода — клиническая классификация, в которой глаза с плотностью фиксации в P1 более 75 % классифицируются как имеющие стабильную фиксацию. Если плотность фиксации в P1 составляет менее 75 %, а в P2 — более 75 %, фиксация классифицируется как относительно нестабильная. Если процент точек в P1 и P2 составляют менее 75 %, фиксация описывается как нестабильная. Однако данная методика подверглась критике в литературе из-за произвольно выбранного расстояния, используемого для установления такого индекса стабильности.

Второй метод рассчитывает площадь и ориентацию эллипса (VCEA), охватывающего заданное количество точек фиксации. Соответственно, более низкие значения VCEA определяют лучшую стабильность фиксации. Преимущество данного метода состоит в том, что он основан на математической модели, используемой в статистике для описания движения переменных, однако данный способ не связан ни с какой клинической классификацией.

Другим инструментом является микропериметр SLO (MAIA, Centervue, Италия) с улучшенной визуализацией по сравнению со старым микропериметром SLO, более широким диапазоном чувствительности (0–36 дБ по сравнению с 0–20 дБ у MP-1), нормативной

возрастной базой данных и эффективным программным обеспечением. Однако у данного прибора не предусмотрена фундус-камера и нет возможности накладывать микропериметрические тесты на цветную фотографию глазного дна. Недавно появилась и более современная модель — микропериметр MP-3 (Nidek, Япония), которая отличается от MP-1 более широким диапазоном интенсивности стимулов (от 0 до 34 дБ). Помимо стандартных стимулов по Гольдману (I–V), возможна индивидуальная настройка, проведение исследования в фотопическом, скотопическом и мезопическом режиме. Функция Follow-up Examination позволяет при повторном исследовании распознавать уже обследованный участок, накладывать изображения, полученные при помощи ОКТ, на микропериметрические карты. Высокое качество исследования обеспечивается за счет 12-мегапиксельной камеры, что позволяет визуализировать мельчайшие детали пораженной сетчатки [7, 8]. На рисунках 1 и 2 показаны карты светочувствительности сетчатки и параметры фиксации, полученные при помощи микропериметра MP-3.

Сравнивать эффективность микропериметрии стоит с такими современными методиками статической компьютерной периметрии, как Humphrey (Carl Zeiss Meditec, Германия) и Octopus (HAAG-Streit, США). Возможность использования микропериметрии у пациентов с низкой остротой зрения является безусловным

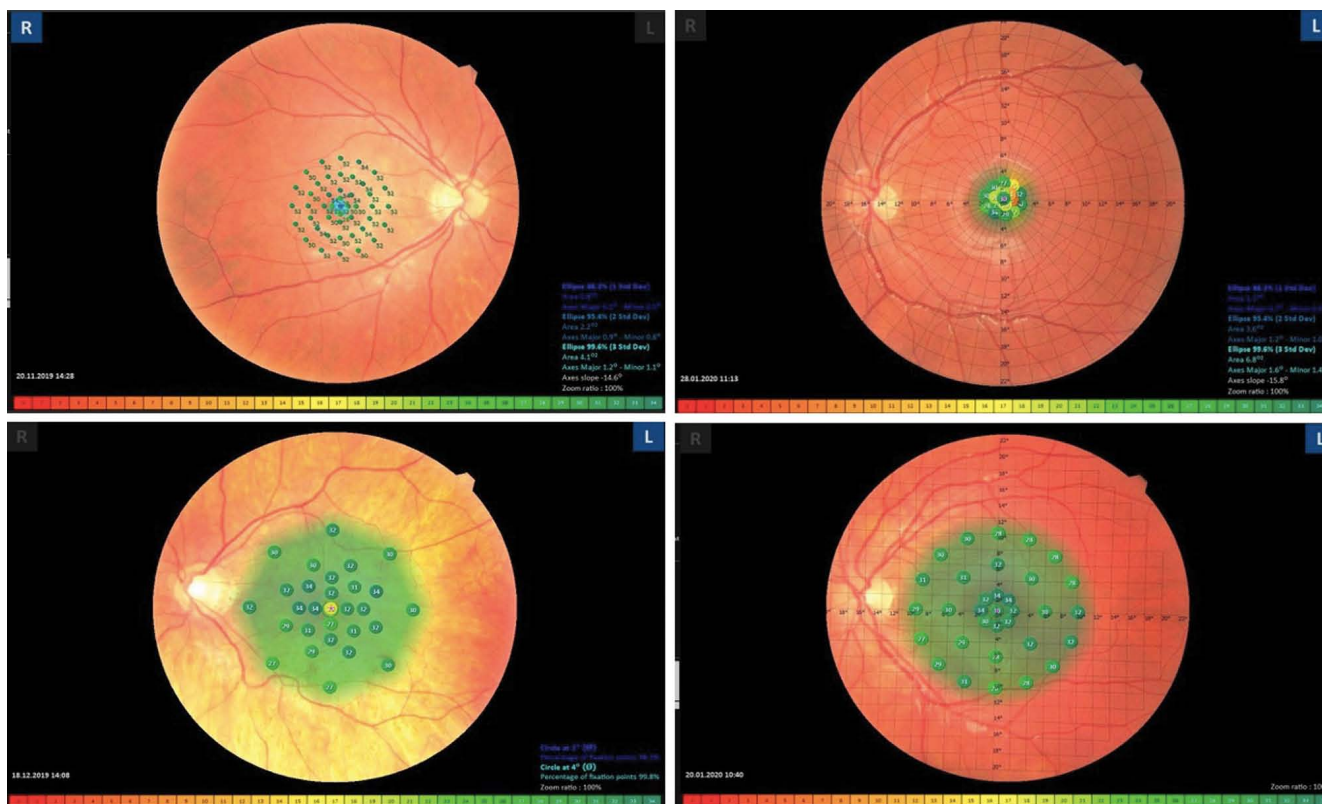


Рис. 1. Карты светочувствительности сетчатки, полученные при помощи микропериметра MP-3 (Nidek, Япония)

Fig. 1. Retinal photosensitivity maps obtained using MP-3 microperimeter (Nidek, Japan)

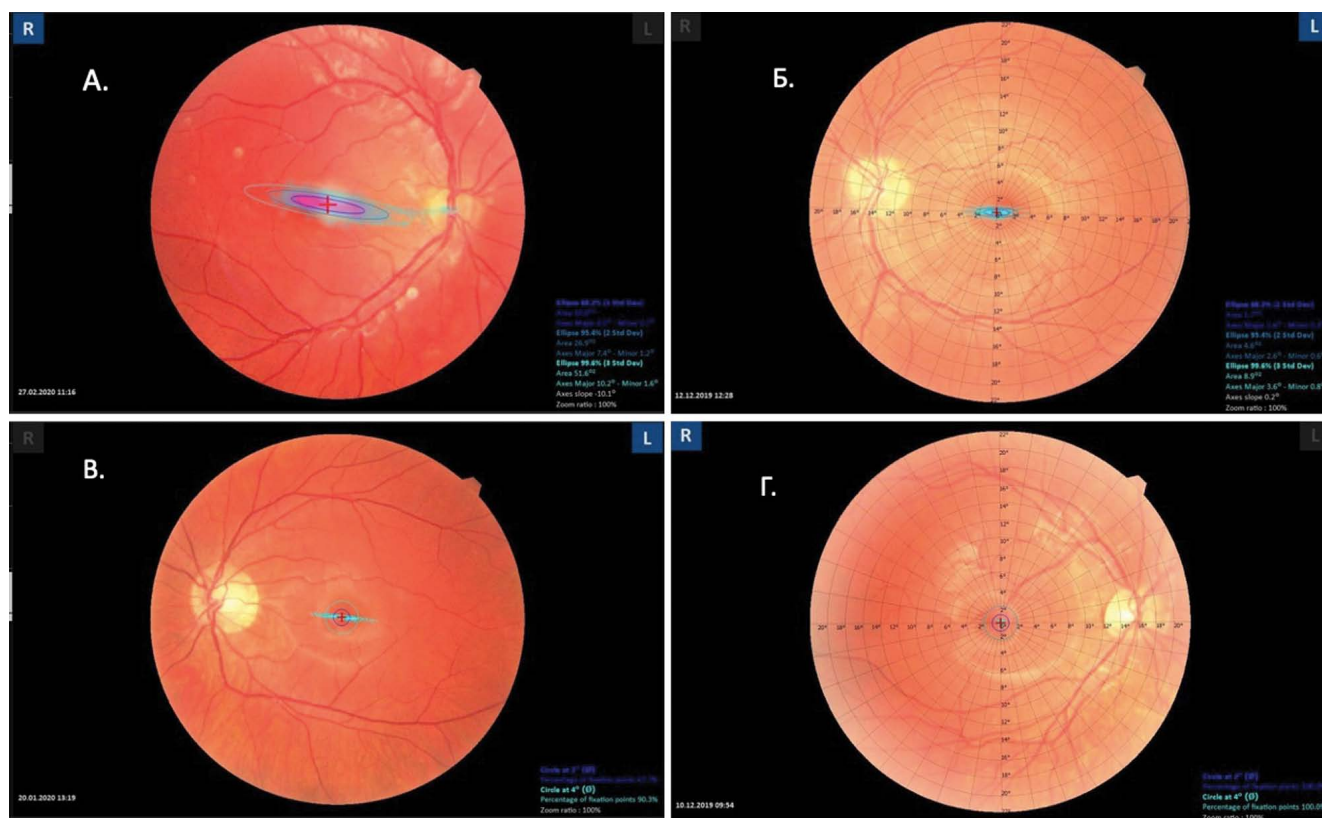


Рис. 2. Характеристика параметров фиксации при различных патологиях, полученных при помощи микропериметра MP-3 (Nidek, Япония). А — описание двумерного контура эллипсов, охватывающих 68, 95 и 99 % процентов точек фиксации у пациента с нистагмом; Б — описание двумерного контура эллипсов, охватывающих 68, 95 и 99 % процентов точек фиксации у пациента с нестабильной центральной фиксации при дисбинокулярной амблиопии; В — описание плотности фиксации в 2° и 4° (P1 и P2 соответственно), у пациента с нистагмом; Г — описание характеристик фиксации у ребенка без офтальмопатологии

Fig. 2. Characterization of fixation parameters for various pathologies obtained using MP-3 microperimeter (Nidek, Japan). A — description of the two-dimensional contour of ellipses, covering 67 %; 95 %; 99 % percent of fixation points in a patient with nystagmus; Б — a description of the two-dimensional contour of ellipses, covering 67 %; 95 %; 99 % percent of fixation points in a patient with unstable central fixation in case of dysbinocular amblyopia; В — description of fixation density at 2° and 4° (P1 and P2, respectively), in a patient with nystagmus; Г — description of the characteristics of fixation in a child without ophthalmopathy

преимуществом этого метода. К тому же традиционная периметрия не чувствительна к скотомам менее 5°, она не дает возможности точно оценить размер и интенсивность скотом и не позволяет охарактеризовать параметры фиксации, ее область и стабильность, что ограничивает ее применение у определенной группы пациентов. Humphrey и Octopus предоставляют также возможность исследования только по заранее определенному паттерну, в то время как в микропериметрах есть возможность вручную проецировать дополнительные стимулы, причем указанные вручную точки будут автоматически включены в повторное исследование [9].

Диагностическая ценность микропериметрии была продемонстрирована в большом количестве отечественных и зарубежных работ, а область применения можно разделить условно на терапевтическую и хирургическую. Фактически при любой макулопатии, требующей детальной оценки, микропериметрическое тестирование является одним из основных методов обследования. Множество работ было посвящено

успешному применению данного способа при возрастной макулярной дегенерации и различных ее формах как для оценки текущего состояния центральной области, так и для оценки эффективности проводимого лечения (терапевтического, лазерного или хирургического) [10–12]. Проводилось выявление функционального нарушения при разных степенях макулярного отека вследствие диабетической ретинопатии [13–15], оценка прогностического значения микропериметрических данных для результатов витреоретинальной хирургии [16], а также определение положения точки фиксации и стабильности последней, планирование зрительной реабилитации и оценка ее результатов [17–19]. В практике детских офтальмологов микропериметрия заняла не менее важную диагностическую нишу, хотя и сопряжена с определенными сложностями, обусловленными возрастными особенностями пациентов.

Наиболее часто встречающимися заболеваниями сетчатки в детском возрасте, приводящими к постепенному и неуклонному снижению зрения, являются

наследственные дистрофии сетчатки [20]. В настоящее время диагностика этой группы заболеваний главным образом основана на данных офтальмоскопии, флюоресцентной ангиографии (ФАГ), оптической когерентной томографии (ОКТ), компьютерной периметрии, электрофизиологических исследований, которые долгое время считались «золотым стандартом» в постановке диагноза заболевания [21]. В последнее время добавился ряд современных технологий функциональной и структурной диагностики, которые обеспечивают количественную и качественную оценку состояния сетчатки, в том числе микропериметрия.

Ряд авторов при помощи микропериметрии исследовал светочувствительность центральной области сетчатки и особенности фиксации у пациентов разных возрастных групп, в том числе и у детей с болезнью Штаргарта [22–25]. В заключение авторы подчеркнули, что снижение светочувствительности центральной области, обнаружение скотом является ценным дополнительным методом дифференциальной диагностики наследственных заболеваний сетчатки, необходимым перед проведением генной терапии. Кроме снижения порогов чувствительности была показана особенность фиксации у этих пациентов, ее эксцентричность и меньшая стабильность. Направленность смещения была чаще всего кверху от атрофически пораженного участка. Данную особенность смещения предпочтительного локуса фиксации связывали с более частой фокусировкой на близких объектах ниже плоскости первичного взгляда в повседневной жизни; это и приводит к постепенной стимуляции области над атрофичной сетчаткой. Авторы обратили особое внимание, что пациенты младшего возраста могут успешно пройти данное обследование.

R.W. Strauss и соавт. при определении чувствительности сетчатки продемонстрировали интересную корреляционную связь между остротой зрения и фовеолярной светочувствительностью: снижение чувствительности на 1 дБ было связано с ухудшением максимально корригированной остроты зрения на 0,59 балла по шкале ETDRS [26]. R.W. Strauss, X. Kong [27] провели самое большое на данный момент исследование пациентов с генетически подтвержденной болезнью Штаргарта (118 пациентов), используя скотопическое микропериметрическое тестирование. Задача состояла в том, чтобы оценить ежегодную скорость прогрессирования болезни с использованием макулярной чувствительности в условиях скотопического тестирования и сопоставить эти микропериметрические изменения с результатами в мезопических условиях. В результате авторы пришли к выводу, что средняя чувствительность в мезопических и скотопических условиях фактически не различалась (11,48 дБ против 11,25 дБ), что говорит о заинтересованности всех фоторецепторов. S. Muslubas и соавт. [28] исследовали параметры чувствительности сетчатки и характер фиксации у пациентов с пигментным ретинитом по сравнению с группой контроля при помощи

микропериметра МР-1. В результате спектр порогов чувствительности от почти нормальной сетчатки до полной хориоретинальной атрофии можно было наблюдать у пациентов с пигментным ретинитом без ассоциации с возрастом или продолжительностью существования симптомов. В отличие от других видов дегенерации центральной области большинство пациентов с пигментным ретинитом имели сохранную чувствительность фовеолярной области с центральной стабильной фиксацией.

Данный метод обследования можно использовать с целью отбора пациентов для проведения определенного вида лечения или для оценки его эффективности, что показано в работах K. Hue, J.K. Jolly и соавт., B.L. Lam и соавт. [29, 30]. Результаты испытаний генной терапии у пациентов с хориоидермией показали стабильность параметров светочувствительности сетчатки после проведенного лечения, что является благоприятным прогностическим признаком.

В некоторых работах было показано использование микропериметра в сочетании с оптической когерентной томографией, что дает, безусловно, более ясную картину функционального и морфологического состояния сетчатки и их взаимосвязи на различных этапах развития заболевания. R. Battu, A. Khanna [31], исследуя светочувствительность сетчатки и ее морфологию при помощи микропериметрии и оптической когерентной томографии у пациентов с пигментным ретинитом, выявили высокую корреляционную связь между чувствительностью сетчатки и ее толщиной, но не обнаружили такой связи с сосудистой оболочкой. Авторы подчеркивают, что изменения в хориоиде, вероятно, являются вторичными по отношению к изменениям, которые происходят в слоях сетчатки, и, следовательно, толщина сосудистой оболочки может варьировать у пациентов с пигментным ретинитом.

J.K. Jolly, K. Hue [32] при исследовании морфофункциональных особенностей сетчатки у пациентов с пигментным ретинитом пришли к противоположному выводу. Было продемонстрировано снижение парафовеолярной чувствительности сетчатки, более выраженное с носовой стороны, чем с височной. Авторы предположили, что эта асимметрия дегенерации сетчатки по обе стороны от фовеа может быть связана с различиями в плотности сосудистой оболочки. По мнению авторов, высокая плотность сосудов хориоидеи в центральной зоне может оказывать защитное действие на фовеолярную область сетчатки при прогрессировании данной патологии.

В последние годы все больше возрастает интерес к использованию современного оборудования для диагностики снижения центрального зрения иного генеза, такого как амблиопия, являющаяся одной из наиболее распространенных причин предотвратимого нарушения зрения у детей и встречающаяся примерно у 2–5 % населения во всем мире [33]. Патогенетические механизмы амблиопии до конца не изучены, несмотря на данные многочисленных электрофизиологических

и психофизических исследований. Каждый вид имеет свои клинические и патологические особенности. Общим признаком для всех видов амблиопии является снижение главной зрительной функции — центрального зрения — разной степени выраженности [34]. В некоторых случаях диагностика амблиопии представляет определенные сложности, что говорит о необходимости углубленной оценки всех патогенетических звеньев, функциональных и структурных, для более полного понимания механизма развития данного заболевания.

Carpineto и соавт. [35] исследовали характер фиксации у пациентов с дисбинокулярной амблиопией и показали, что такие характеристики, как централизация и стабильность, были значительно снижены у данных пациентов. Помимо этого, грубость нарушений была связана с остротой зрения и проводимым лечением. E.E. Birch и соавт., E.G. Gonzalez [36, 37] продемонстрировали схожие результаты относительно параметров фиксации при амблиопии различного генеза, но не было найдено связи между проводимым лечением и полом пациентов. A. Dickmann и соавт. использовали микропериметрию совместно с оптической когерентной томографией. Авторы не обнаружили изменений в слое нервных волокон при данной патологии, однако выявили небольшие центральные бессимптомные скотомы.

V. Subramanian и соавт. [38] продемонстрировали неустойчивость фиксации при помощи микропериметрии у пациентов с дисбинокулярной амблиопией и подчеркнули наличие связи этих нарушений с величиной девиации. Однако есть исследования, показавшие иные результаты. P. Trabucchi и соавт. [39] исследовали светочувствительность макулярной области и параметры фиксации у пациентов с монокулярной амблиопией, однако никаких грубых нарушений со стороны характера фиксации обнаружено не было. Авторы обратили внимание на снижение порогов светочувствительности у данных пациентов до 15,4 дБ и сделали вывод, что именно это патогенетическое звено задействовано в механизме данного заболевания. Стоит отметить, что авторами не был указан вид и степень тяжести амблиопии, что играет важную роль в диагностике. Целью одного из последних исследований J. Zurevinsky и соавт. [40] стала диагностика светочувствительности центральной области, стабильности и локализации фиксации у пациентов с дисбинокулярной, анизометропической и смешанной амблиопией. Межгрупповые сравнения показали, что средняя чувствительность макулы, стабильность фиксации и расположение точки фиксации были значительно хуже у пациентов с дисбинокулярной и смешанной амблиопией по сравнению с анизометропической. В своих выводах авторы указывают, что косоглазие, по видимому, является худшим прогностическим фактором, чем анизометропия, с точки зрения характеристик фиксации и чувствительности.

Рядом отечественных офтальмологов был использован микропериметр MP-1 для оценки различных

патогенетических звеньев амблиопии. Т.П. Кашенко и соавт. [41] опубликовали результаты своих работ, в ходе которых было выявлено снижение стабильности параметров фиксации, коррелировавшее с остротой зрения пациентов. Также было показано снижение параметров светочувствительности сетчатки и их корреляционная связь с изменениями фиксации. Аналогичные результаты, касающиеся характера фиксации, указаны в работах Д.И. Кошелева [42].

Есть единичные исследования, посвященные диагностике параметров нистагма с использованием микропериметрии. Е.П. Тарутта и соавт. [43] описали изменения фиксации при данном заболевании и разработали новый способ объективной одновременной регистрации параметров оптического нистагма и чувствительности сетчатки, позволяющий проводить мониторинг больных, выбирать методы лечения и оценивать их эффективность. A. Molina и соавт. [44] использовали микропериметр для оценки светочувствительности сетчатки и характера фиксации у пациентов с нистагмом, были описаны нарушения плотности и амплитуды фиксации, снижение светочувствительности центральной области, корреляция этих параметров с остротой зрения пациентов. Но в результатах своей работы авторы указали, что программное обеспечение микропериметра нуждается в доработке для более точного анализа нистагмических движений.

Помимо диагностических возможностей прибора, следует отметить имеющуюся в микропериметре «терапевтическую» функцию: прибор позволяет не только исследовать чувствительность сетчатки и стабильность фиксации, но и производить стимуляцию определенного локуса, выбранного самим исследователем. После получения полной картины светочувствительности сетчатки и характеристик фиксации определяется предпочтительный локус сетчатки (PRL), используемый пациентом, и тренируемый локус сетчатки (TRL), определяющийся самими врачом как область с наилучшими показателями светочувствительности и возможно более стабильной фиксацией. Обратная биологическая связь с использованием акустических сигналов (MP-1 Nidek, Япония; MAIA, Centervue, Италия) и мерцательных стимулов (MP-3 Nidek, Япония) направляет взор пациента в область TRL и, используя церебральную пластичность и нейросенсорную адаптацию, помогает восстанавливать зрительные способности пациента. Данный вид лечения показал успешные результаты при заболеваниях центральной области или косвенном ее поражении, таких как болезнь Штаргарта, пигментный ретинит, возрастная макулярная дегенерация, глаукома. Улучшились такие показатели, как острота зрения, светочувствительность сетчатки, характер фиксации и скорость чтения [45–47].

Авторы вышеупомянутых исследований предположили, что данная зрительная реабилитация улучшает передачу стимулов между интраретинальными нейронами, облегчает передачу сигналов от нового

сформированного предпочтительного локуса сетчатки до фовеолярной области затылочной коры и тем самым повышает зрительные возможности у данной категории пациентов. Vingolo и соавт. [48] использовали этот протокол реабилитации впервые для лечения миопической макулопатии. Они провели пилотное исследование, в котором была проведена зрительная реабилитация при помощи микропериметра МР-1. Результаты показали значительное улучшение максимально скорректированной остроты зрения, чувствительности сетчатки и плотности фиксации.

Известно использование способа формирования центральной зрительной фиксации у детей и взрослых с амблиопией при помощи локального засвета макулярной области на аппаратах микропериметр МР-1 при отклонении от точки фиксации до 6° и монобиноскоп МБС-02 при отклонении от точки фиксации более 6° [49]. В результате лечения зрительные характеристики пациентов улучшились, однако в данном способе не был использован принцип обратной биологической связи, мотивирующий пациента к удержанию правильного направления взора, и не учитывались параметры светочувствительности сетчатки. L. Toto, L. Di Antonio [50] провели зрительную реабилитацию у пациентки 7 лет с задним микрофтальмом, нистагмом и двусторонней относительной амблиопией и получили весьма обнадеживающие результаты: повысилась острота зрения,

светочувствительность, плотность и амплитуда фиксации, что дает возможность использовать данный метод лечения при таких грубых нарушениях зрительного анализатора, особенно у детей.

Выводы

Подводя итоги, можно сказать, что микропериметрия — методика, которая позволяет соотнести анатомические данные сетчатки и функциональные результаты, полноценно изучить параметры фиксации глаза. Следовательно, это важный инструмент для оценки и понимания причин функциональных нарушений при различной патологии. Кроме того, микропериметрия позволяет врачу понять, как пациент использует макулярную область, охарактеризовать схему фиксации и даже тренировать определенный локус для улучшения остроты зрения при грубой патологии, в частности, у детей. Есть много сообщений, демонстрирующих клиническое применение микропериметрии в исследовании сенсорных и моторных нарушений, таких как амблиопия или нистагм, дающих новые предположения о заинтересованности разных звеньев в патогенезе этих заболеваний. Еще предстоит провести дополнительные исследования, чтобы определить будущие потенциальные возможности применения этой технологии, в частности в детской практике, а также развить потенциал микропериметрии как инструмента для зрительной реабилитации пациентов.

ЛИТЕРАТУРА/REFERENCES

1. Нероев В.В. Организация офтальмологической помощи населению Российской Федерации. *Вестник офтальмологии*. 2014;130(6):8–12. [Neroev V.V. Eye care management in Russian Federation. *Annals of Ophthalmology = Vestnik oftalmologii*. 2014;130(6):8–12 (In Russ.).]
2. Нероев В.В., Катаргина Л.А., Коголева Л.В. Профилактика слепоты и слабо зрения у детей с ретинопатией недоношенных. *Вопросы современной педиатрии*. 2015;14(2):265–270. [Neroev V.V., Katargina L.A., Kogoleva L.V. The Prevention of Blindness and Visual Impairment in Children with Retinopathy of Prematurity. *Current Pediatrics = Voprosy sovremennoi pediatrii*. 2015;14(2):265–270 (In Russ.).] DOI: 10.15690/vsp.v14i2.1296
3. Баранов А.А., Ильин Г.А. Актуальные проблемы сохранения и укрепления здоровья детей в Российской Федерации. *Российский педиатрический журнал*. 2011;4:7–12. [Baranov A.A., Ilyin G.A. Children's health preservation and promotion in the Russian Federation: Topical problems. *The Russian Journal of Pediatrics = Rossiyskiy pediatricheskiy zhurnal*. 2011;4:7–12 (In Russ.).]
4. Fujii G.Y., de Juan E., Sunness J.S., Humayum M.S., Pieramici D.J., Chang T.S. Patient selection for macular translocation surgery using the scanning laser ophthalmoscope. *Ophthalmology*. 2002;109:1737–1744. DOI: 10.1016/S0161-6420(02)01120-X
5. Longhin E., Convento E., Pilotto E., Bonin G., Vujosevic S., Kotsafti O., Midena E. Static and dynamic retinal fixation stability in microperimetry. *Can J Ophthalmol*. 2013;48:375–380. DOI: 10.1016/j.cjco.2013.05.021
6. Castet E., Crossland M. Quantifying eye stability during a fixation task: a review of definitions and methods. *Seeing Perceiving*. 2012;25(5):449–469. DOI: 10.1163/187847611X620955
7. Новиков С.А., Нечипоренко П.А., Рыжова Д.В., Сельцова К.Н., Юрьева А.В., Мухлислова Н.Р. Специальные методы диагностики в офтальмологии: аккомодография, мезотест, микропериметрия. *Современная оптометрия*. 2016;10(100):15–24. [Novikov S.A., Nchiporenko P.A., Ryzhova D.V., Seltsova K.N., Yuryeva A.V., Mukhlisova N.R. Specific diagnostic methods in ophthalmology: accomodography, mesotest, and microperimetry. *Modern optometry = Sovremennaya optometriya*. 2016;10(100):15–24 (In Russ.).]
8. Лисочкина А.Б., Нечипоренко П.А. Микропериметрия — преимущества метода и возможности практического применения. *Офтальмологические ведомости*. 2009;1:18–23. [Lisochkina A.B., Nchiporenko P.A. Microperimetry — the advantages of the method and its practical capabilities. *Ophthalmology journal = Oftalmologicheskie vedomosti*. 2009;1:18–23 (In Russ.).]
9. Wu Z., Ayton L.N., Luu C.D., Guymer R.H. Longitudinal Changes in Microperimetry and Low Luminance Visual Acuity in Age-Related Macular Degeneration. *JAMA Ophthalmol*. 2015;133(4):442–448. DOI: 10.1001/jamaophthalmol.2014.5963
10. Midena E., Pilotto E. Microperimetry in age: related macular degeneration. *Eye*. 2017;31:985–994. DOI: 10.1038/eye.2017.34
11. Parravano M.C., Oddone F., Tedeschi M., Chiaravallotti A., Perillo L., Boccassini B., Varano M. Retinal functional changes measured by microperimetry in neovascular age-related macular degeneration patients treated with ranibizumab. *Retina*. 2010;30:1017–1024. DOI: 10.1097 / IAE.0b013e3181cfd3c6
12. Sulzbacher F., Roberts P., Munk M.R., Kaider A., Kroh M.E., Sacu S., Schmidt-Erfurth U. Relationship of retinal morphology and retinal sensitivity in the treatment of neovascular age-related macular degeneration using aflibercept. *Invest Ophthalmol Vis Sci*. 2014;56:1158–1167. DOI: 10.1167/iops.14-14298
13. Raman R., Nittala M.G., Gella L., Pal S.S., Sharma T. Retinal sensitivity over hard exudates in diabetic retinopathy. *J Ophthalmic Vis Res*. 2015;10:160–164. DOI: 10.4103/2008-322X.163771
14. Okada K., Yamamoto S., Mizunoya S., Hoshino A., Arai M., Takatsuna Y. Correlation of retinal sensitivity measured with fundus-related microperimetry to visual acuity and retinal thickness in eyes with diabetic macular edema. *Eye (Lond)*. 2006;20:805–809. DOI: 10.1038 / sj.eye.6702014
15. Vujosevic S., Pilotto E., Bottega E., Benetti E., Cavarzeran F., Midena E. Retinal fixation impairment in diabetic macular edema. *Retina*. 2008;28:1443–1450. DOI: 10.1097 / IAE.0b013e318183571e
16. Cappelletti E., Virgili G., Tollot L., Del Borrello M., Menchini U., Zemella M. Reading ability and retinal sensitivity after surgery for macular hole and macular pucker. *Retina*. 2009 Sep;29(8):1111–1118. DOI: 10.1097/IAE.0b013e3181a3b832
17. Giorgi D., Contestabile M.T., Pacella E., Balacco Gabrieli C. An Instrument for Biofeedback Applied to Vision. *Psychophysiol Biofeedback*. 2005;30:389–395. DOI: 10.1007/s10484-005-8424-1
18. Midena E., Radin P.P., Pilotto E., Ghirlando A., Convento E., Varano M. Fixation pattern and macular sensitivity in eyes with subfoveal choroidal neovascularization secondary to age-related macular degeneration. A microperimetry study. *Seminars in Ophthalmology*. 2004;19(1–2):55–61. DOI: 10.1080/08820530490882896
19. Mori F., Ishiko S., Kitaya N., Takamiya A., Sato E., Hikichi T., Yoshida A. Scotoma and fixation patterns using scanning laser ophthalmoscope microperimetry in patients with macular dystrophy. *Am J Ophthalmol*. 2001;132:897–902. DOI: 10.1016/S0002-9394(01)01216-8
20. Fujinami K., Sergouniotis P.I., Davidson A.E., Wright G., Chana R.K., Tsunoda K., Tsubota K., Egan C.A., Robson A.G., Moore A.T., Holder G.E., Michaelides M., Webster A.R. Clinical and molecular analysis of Stargardt disease with preserved foveal structure and function. *Am J Ophthalmol*. 2013;156(3):487–501. DOI: 10.1016/j.ajo.2013.05.003

21. Аветисов С.Э., Киселева Т.Н., Majumdar Z., Bonner R.F., Meyers S.M., Аветисов К.С., Будзинская М.В. Метод аутофлюоресценции глазного дна в ранней диагностике возрастной макулярной дегенерации. *Вестник офтальмологии*. 2009;125(6):37–42. [Avetisov S.E., Kiseleva T.N., Majumdar Z., Bonner R.F., Meyers S.M., Avetisov K.S., Budzinskaya M.V. Eye fundus autofluorescence technique in the early diagnosis of age-related macular degeneration. *Annals of Ophthalmology = Vestnik oftalmologii*. 2009;125(6):37–42 (In Russ.)].
22. Шеремет Н.Л., Ронзина И.А., Жоржолдадзе Н.В., Стрельников В.В. Взаимосвязь структурных и функциональных изменений сетчатки при болезни Штаргардта. *Вестник офтальмологии*. 2016;132(3):42–48. [Sheremet N.L., Ronzina I.A., Zhorzholadze N.V., Strel'nikov V.V. Relationship between structural and functional changes in retina in Stargardt disease. *Annals of Ophthalmology = Vestnik oftalmologii*. 2016;132(3):42–48 (In Russ.)]. DOI: 10.17116/oftalma2016132342-48
23. Tanna P., Georgiou M., Abohsia J., Strauss R.W., Kumaran N., Kalitzeos A., Weleber R.G., Michaelides M. Cross-Sectional and Longitudinal Assessment of Retinal Sensitivity in Patients With Childhood-Onset Stargardt Disease. *Translational Vision Science & Technology*. 2018;7:10. DOI: 10.1167/tvst.7.6.10
24. Mori F., Ishiko S., Kitaya N., Takamiya A., Sato E., Hikichi T., Yoshida A. Scotoma and fixation patterns using scanning laser ophthalmoscope microperimetry in patients with macular dystrophy. *Am J Ophthalmol*. 2001;132:897–902. DOI: 10.1016/S0002-9394(01)01216-8
25. Reinhard J., Messias A., Dietz K., Mackeben M., Lakmann R., Hendrik P.N., Alpfenstend-Sylla E., Bernhardt H.F., Mathias W., Zrenner E., Trauzettel-Klosinski S. Quantifying fixation in patients with Stargardt disease. *Vis Res*. 2007;47:2076–2085. DOI: 10.1016/j.visres.2007.04.012
26. Strauss R.W., Ho A., Muñoz B., Cideciyan A.V., Sahel J.A., Sunness J.S., Birch D.G., Bernstein P.S., Michaelides M., Traboulsi E.I., Zrenner E., Sadda S., Ervin A.M., West S., Scholl H.P. The Natural History of the Progression of Atrophy Secondary to Stargardt Disease (ProgStar) Studies: design and Baseline Characteristics: progStar Report No. 1. *Ophthalmology*. 2016;123(4):817–828. DOI: 10.1016/j.ophtha.2015.12.009
27. Strauss R.W., Kong X., Bittencourt M.G., Ho A., Jha A., Schönbach E.M., Ahmed M.I., Muñoz B., Ervin A.M., Michaelides M., Birch D.G., Sahel J.A., Sunness J.S., Zrenner E., Bagheri S., Ip M.G., Sadda S., West S. Scotopic Microperimetric Assessment of Rod Function in Stargardt Disease (SMART) Study: design and Baseline Characteristics (Report No. 1). *Ophthalmic Res*. June 2018;1–8. DOI: 10.1159/000488711
28. Xue K., Jolly J.K., Barnard A.R., Rudenko A., Salvetti A.P., Patricio M.I., Edwards T.L., Groppe M., Orland M., Tolmachova T., Black G.C., Webster A.R., Lotery A.J., Holder G.E., Downes S.M., Seabra M.C., MacLaren R.E. Beneficial effects on vision in patients undergoing retinal gene therapy for choroideremia. *Nat Med*. 2018;24(10):1507–1512. DOI: 10.1038/s41591-018-0185-5
29. Lam B.L., Davis J.L., Gregori N.Z., MacLaren R.E., Girach A., Verriotto J.D., Rodriguez B., Rosa P.R., Zhang X., Feuer W.J. Choroideremia Gene Therapy Phase 2 Clinical Trial: 24-Month Results. *Am J Ophthalmol*. 2019;197:65–73. DOI: 10.1016/j.ajo.2018.09.012
30. Battu R., Khanna A., Hegde B. Correlation of structure and function of the macula in patients with retinitis pigmentosa. *Eye (Lond)*. 2015 Jul; 29(7): 895–901. DOI: 10.1038/eye.2015.61
31. Jolly J.K., Xue K., Edwards T.L., Groppe M., MacLaren R.E. Characterizing the Natural History of Visual Function in Choroideremia Using Microperimetry and Multimodal Retinal Imaging. *Invest Ophthalmol Vis Sci*. 2017 Oct 1;58(12):5575–5583. DOI: 10.1167/iovs.17-22486
32. Muslubas S., Karacorlu I., Hocaoglu S., Ersoz M., Giray M. Features of the macula and central visual field and fixation pattern with retinitis pigmentosa. *Retina*. 2018;38:424–431. DOI: 10.1097/IAE.0000000000001532
33. Wallace D.K., Repka M.X., Lee K.A., Michele M., Christiansen S.P., Morse C.L., Sprunger D.T. Amblyopia preferred practice pattern. *Ophthalmology*. 2018;125(12):105–142. DOI: 10.1016/j.ophtha.2017.10.008
34. Шамшинова А.М., Кащенко Т.П., Кампф П. Амблиопия: патогенез, дифференциальная диагностика и обоснование принципов лечения. Зрительные функции при амблиопии разного генеза. М.: Медицина. 2003. С. 447–459. [Shamshinova A.M., Kashchenko T.P., Kampf P. Amblyopia: pathogenesis, differential diagnosis and substantiation of treatment principles. Visual functions in amblyopia of various origins Moscow: *Medicina*. 2003. P. 447–459 (In Russ.)].
35. Carpineto P., Ciancaglini M., Nubile M. Fixation patterns evaluation by means of MP-1 microperimeter in microstrabismic children treated for unilateral amblyopia. *Eur J Ophthalmol*. 2007;17:885–890. DOI: 10.1177/112067210701700603
36. Gonzalez E.G., Wong A.M., Niechwiej-Szwedo E., Tarita-Nistor L., Steinbach M.J. Eye position stability in amblyopia and in normal binocular vision. *Invest Ophthalmol Vis Sci*. 2012;53:5386–5394. DOI: 10.1167/iovs.12-9941
37. Birch E.E., Subramanian V. Fixation instability in anisometropic children with reduced stereopsis. *Ophthalmology and Strabismus*, San Antonio, Texas, 2012. P. 24–28. DOI: 10.1016/j.jaapos.2013.03.011
38. Subramanian V., Jost R.M., Birch E.E. A quantitative study of fixation stability in amblyopia. *Invest Ophthalmol Vis Sci*. 2013;54(3):1998–2003. DOI: 10.1167/iovs.12-11054
39. Trabucchi P., Maffrici M., Salomone M., Valente S., Di Crescenzo Ch., Spadea L., Vingolo E.M. Microperimetric findings in children with amblyopia. *Investigative Ophthalmology & Visual Science*. 2014;55:794. [обновлено 26 апреля 2020; процитировано 27 апреля 2020]. <https://iovs.arvojournals.org/article.aspx?articleid=2272314>
40. Jocelyn Zurevinsky. Eccentric Fixation and Inverse Occlusion: Renewing Our Interest? *Journal of Binocular Vision and Ocular Motility*. 2019;69:136–140. DOI: 10.3109/08820538.2015.1123739
41. Кащенко М.А., Кащенко Т.П., Магарамова М.Д., Педанова Е.К., Голяховский С.Е. Влияние плеоптического лечения на отклонение точки фиксации от центра макулярной зоны у детей с амблиопией различной степени при исследовании методом микропериметрии. *Российская детская офтальмология*. 2019;2:22–24. [Kashchenko M.A., Kashchenko T.P., Magaramova M.D., Pedanova E.K., Golyakhovsky S.E. Influence of pleoptic treatment on the deviation of the fixation point from the center of the macular zone in children with amblyopia of varying degrees when studied by the method microperimetry. *The Russian Journal of Pediatrics = Rossijskaya detskaya oftalmologiya*. 2019;2:22–24 (In Russ.)]. DOI: 10.25276/2307-6658-2019-2-22-24
42. Кошелев Д.И. Зрительные вызванные потенциалы и движения глаза при фиксации как средства объективного мониторинга зрительных функций у детей с нарушением центрального зрения. *Практическая медицина*. 2019;7(1):127–133. [Koshelev D.I. Visual evoked potentials and eye movements during fixation as a means of objective monitoring of visual functions in children with central vision impairment. *Practical medicine = Prakticheskaya meditsina*. 2019;7(1):127–133 (In Russ.)]. DOI: 10.32000/2072-1757-2019-1-127-133
43. Тарутта Е.П., Чернышева С.Г., Губкина Г.Л., Кантаржи Е.П., Апаев А.В., Киселева О.А. Новый способ диагностики и оценки эффективности лечения оптического нистагма с использованием микропериметрии. *Российская медицинская офтальмология*. 2014;1:46–48. [Tarutta E.P., Chernysheva S.G., Gubkina G.L., Kantarzh E.P., Apayev A.V., Kiseleva O.A. A new way of diagnostic and treatment effectiveness evaluation of the optical nystagmus using microperimetry. *Russian pediatric ophthalmology = Rossijskaya pediatricheskaya oftalmologiya*. 2014;1:46–48 (In Russ.)].
44. Molina-Martin A., Piñero D.P., Pérez-Cambrodí R.J. Fixation pattern analysis with microperimetry in nystagmus patients. *Can J Ophthalmol*. 2015;50(6):413–421. DOI: 10.1016/j.cjco.2015.07.012
45. Vingolo E.M., Cavarretta S., Domanico D., Parisi F., Malagola R. Microperimetric biofeedback in AMD patients. *Appl Psychophysiol Biofeedback*. 2007;32(3–4):185–189. DOI: 10.1007/s10484-007-9038-6
46. Vingolo E.M., Salvatore S., Cavarretta S. Low-vision rehabilitation by means of MP-1 biofeedback examination in patients with different macular diseases: a pilot study. *Appl Psychophysiol Biofeedback*. 2009;34(2):127–133. DOI: 10.1007/s10484-009-9083-4
47. Nistor L.T., Gonzalez E.G., Markowitz S.N., Steinbach M.J. Plasticity of fixation in patients with central vision loss. *Vis Neurosci*. 2009;26(5–6):487–494. DOI: 10.1017/S0952523809990265
48. Vingolo E.M., Salvatore S., Domanico D., Spadea L., Nebbioso M. Visual rehabilitation in patients with myopic maculopathy: our experience. *Can J Ophthalmol*. 2013;48(5):438–442. DOI: 10.1016/j.cjco.2013.08.004
49. Патент РФ на изобретение 2702158 C1 13.03.2019. Кащенко М.А., Кащенко Т.П., Педанова Е.К., Магарамова М.Д. Способ формирования центральной зрительной фиксации у детей и взрослых с амблиопией с нецентральной фиксацией. [patent RU 2702158 C1 13.03.2019. Kashchenko M.A., Kashchenko T.P., Pedanova E.K., Magaramova M.D. Method for central visual fixation in children and adults with amblyopia with noncentral fixation]. Обновлено 26 апреля 2020; процитировано 27 апреля 2020. <https://www.elibrary.ru/item.asp?id=41276584>
50. Toto L., Di Antonio L., Mastropasqua A., De Nicola C., Mastropasqua L. Rehabilitation with MP1 biofeedback training of a posterior microphthalmos case. *Can J Ophthalmol*. 2013;48(5):107–e111. DOI: 10.1016/j.cjco.2013.02.006

СВЕДЕНИЯ ОБ АВТОРЕ

ФГБУ «Национальный медицинский исследовательский центр глазных болезней им. Гельмгольца» Министерства здравоохранения Российской Федерации
Хубиева Регина Расуловна
аспирантка отдела патологии рефракции бинокулярного зрения и офтальмоэргоники
ул. Садовая-Черногрозская, 14/19, Москва, 105062, Российская Федерация
<https://orcid.org/0000-0002-8383-0127>

ABOUT THE AUTHOR

Helmholtz National Medical Research Center of Eye Diseases
Khubieva Regina R.
postgraduate of the Pathology of Binocular Vision Refraction and Ophthalmoeconomics Department
Sadovaya-Chernogryazskaya str., 14/19, Moscow, 105062, Russian Federation
<https://orcid.org/0000-0002-8383-0127>