



Периметр виртуальной реальности как инструмент выявления ранних зрительных нарушений при рассеянном склерозе

И.А. Лоскутов, д.м.н., И.Ю. Межевова, к.м.н., М.П. Агаджанян

Адрес для переписки: Марта Павловна Агаджанян, marta.agadzhanyan@mail.ru

Для цитирования: Лоскутов И.А., Межевова И.Ю., Агаджанян М.П. Периметр виртуальной реальности как инструмент выявления ранних зрительных нарушений при рассеянном склерозе. Эффективная фармакотерапия. 2025; 21 (26): 32–37.

DOI 10.33978/2307-3586-2025-21-26-32-37

Цель – сравнить результаты периметрии с использованием VR-устройства iVA с данными стандартной автоматической периметрии у пациентов с рассеянным склерозом для оценки возможности применения технологии виртуальной реальности для выявления и мониторинга дефектов полей зрения.

Материал и методы. В исследование было включено 30 пациентов с ранее установленным и верифицированным диагнозом рассеянного склероза, подтвержденным клиническими и/или МРТ-данными. После сбора анамнеза и оценки остроты зрения пациенты проходили тесты на стандартном автоматическом периметре (ПЕРИКОМ) и периметре виртуальной реальности (iVA). В устройстве iVA использовались сверхпороговый алгоритм и стимулы в аналогичных 54 позициях, соответствующих тесту HFA 24–2 SITA. По завершении тестирования проводился опрос пациентов об уровне комфорта и субъективной удовлетворенности каждой из методик.

Результаты. Результаты обоих тестов показали схожесть в определении дефектов полей зрения. iVA продемонстрировал большую надежность (81,4%) по сравнению со стандартным автоматическим периметром (ПЕРИКОМ) – 59,3% ($p = 0,009$) среди пациентов с рассеянным склерозом. Периметр виртуальной реальности (iVA) показал меньше ложноотрицательных и больше ложноположительных результатов ($p < 0,001$). Корреляция между периметром виртуальной реальности (iVA) и стандартным автоматическим периметром (ПЕРИКОМ) составила 70%. Согласно опросу, 93% пациентов предпочли периметр виртуальной реальности (iVA) в силу простоты и удобства, 60% использовали бы его дома.

Ключевые слова: рассеянный склероз, скотома, демиелинизирующие заболевания, ретробульбарный неврит, автоматическая статическая периметрия, iVA (Intelligent Vision Analyse), периметрия виртуальной реальности



Актуальность

Рассеянный склероз (РС) – хроническое аутоиммунное демиелинизирующее заболевание центральной нервной системы, преимущественно поражающее лиц молодого возраста (18–45 лет) и являющееся ведущей причиной неврологической инвалидизации в этой группе лиц [1]. Патогенез РС связан с аутоиммунным разрушением миелиновых оболочек нервных волокон с последующим формированием склеротических бляшек в белом веществе головного и спинного мозга, а также в зрительных нервах [1–3]. Поражение зрительного анализатора – одно из наиболее частых и ранних проявлений РС. Ретробульбарный неврит зрительного нерва (РНЗН) рассматривается как дебютный симптом у 20% пациентов и в течение жизни развивается у 50–70% больных РС [1–3]. Характерным зрительным нарушением при РНЗН и РС в целом является развитие центральных или парацентральных скотом, отражающих демиелинизацию папилломакулярного пучка [2, 3]. Выявление и мониторинг этих дефектов поля зрения имеют важное диагностическое и прогностическое значение для оценки активности заболевания и эффективности терапии [2, 3].

Золотым стандартом объективной оценки полей зрения и выявления скотом остается автоматическая статическая периметрия (АСП) [4–6]. Однако применение АСП у пациентов с РС сопряжено с существенными ограничениями в виде когнитивных и двигательных трудностей. Неврологический дефицит (снижение внимания, утомляемость, спастичность, тремор) затрудняет длительное сохранение фиксации и позы, необходимое для точного АСП-тестирования [2, 4]. Необходимость посещения специализированного кабинета, оснащенного громоздким и дорогостоящим оборудованием (например, периметр Humphrey, ПЕРИКОМ), ограничивает доступность частого мониторинга, особенно для пациентов с ограниченной мобильностью [2, 4].

Длительность стандартного теста (SITA 24–2) повышает утомляемость пациента, что негативно сказывается на надежности результатов и увеличивает долю ложноотрицательных ответов [4].

Указанные ограничения делают актуальным поиск альтернативных, более доступных и удобных для пациентов методов оценки полей зрения. Периметры на основе технологий виртуальной реальности (VR), такие как iVA (Intelligent Vision Analyse) [4, 6], обладают значительным потенциалом в этом направлении благодаря портативности, меньшим требованиям к позе пациента и возможности использования вне специализированных офтальмологических кабинетов, потенциально даже в домашних условиях [4–6]. Оценка диагностической эффективности и практической применимости VR-периметрии, в частности системы iVA, в сравнении со стандартной АСП у пациентов с РС является актуальной задачей улучшения качества мониторинга этого заболевания [4–6].

Целью данного исследования стало сравнение результатов субъективной периметрии, выполненной с помощью устройства iVA (Intelligent Vision Analyzer) на базе технологии виртуальной реальности, с результатами стандартной автоматизированной периметрии (SAP) при исследовании пациентов с подтвержденным диагнозом РС. Проведен анализ степени совпадения выявленных дефектов полей зрения, времени тестирования и субъективной переносимости процедуры.

Материал и методы

Проводилось тестирование полей зрения с использованием технологий периметра виртуальной реальности и стандартной автоматической периметрии (SAP).

iVA представил стимулы в тех же 54 позициях, что и стандартный тест HFA 24–2 SITA с использованием сверхпорогового алгоритма, приближающегося к дефициту 18 дБ.

В исследовании участвовало 30 пациентов. Среди них были те, кто проходил консультацию в КДО МОНИКИ и у кого был подтвержден диагноз РС на основании клинических и/или МРТ-данных. После предварительного сбора анамнеза и оценки остроты зрения от каждого испытуемого было получено письменное информированное согласие на участие в исследовании и прохождение теста на стандартном автоматизированном анализаторе поля зрения (ПЕРИКОМ) с использованием алгоритма SITA 24–2. Пациентам был показан обучающий видеоролик, а также проведен дополнительный инструктаж, в ходе которого им нужно было сосредоточиться на центральной точке фиксации, отображенной в виде красной точки, и реагировать на появления внешних стимулов с помощью портативного кликера. Параметры каждого глаза измеряли поочередно, при этом другой глаз закрывали окклюдером. Тесты на стандартном автоматизированном анализаторе поля зрения (ПЕРИКОМ) считались ненадежными, если частота ложноположительных результатов (FP) или ложноотрицательных результатов (FN) превышала 33%. Участникам исследования с ненадежным показателем предоставляли десятиминутный перерыв, а затем снова проводили тест. Если результат по-прежнему был ненадежным, испытуемый исключался из исследования [5].

Тестирование iVA: устройство представляет собой периметр виртуальной реальности, устанавливаемый на голову. Система состоит из трех подсистем – гарнитуры виртуальной реальности, планшета и портативного кликера. Все три подсистемы соединены между собой через Bluetooth. Пользователь устанавливает на голове периметр, а оператор управляет тестом через приложение iVA на планшете. Используя приложение, оператор может выбирать параметры, такие как поле зрения, стратегия тестирования и глаз, подлежащий проверке, предварительно внося данные пациента. Тест можно запустить, приостановить, возобновить и прервать в любое время [4, 6].

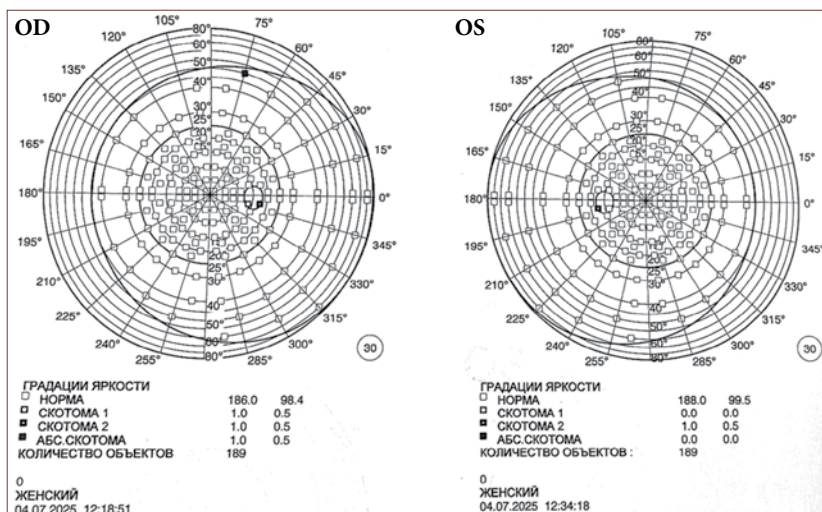


Рис. 1. ПЕРИКОМ. Пациент 1: единичная абсолютная скотома на правом глазу (диагноз РС)

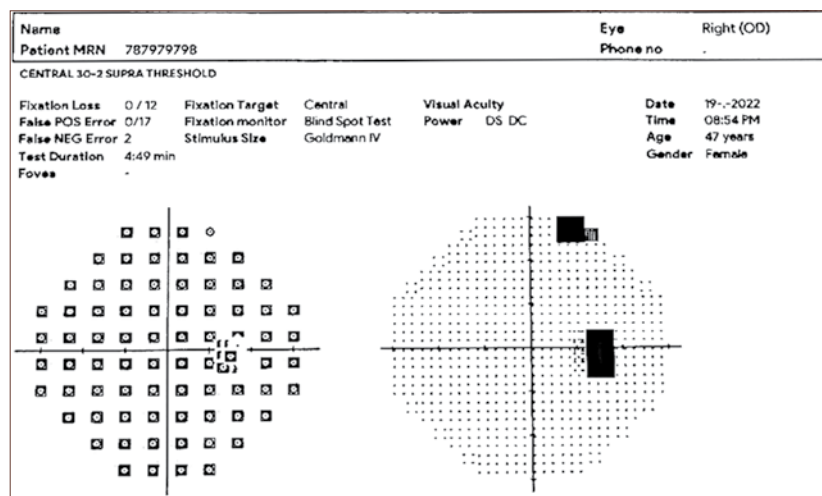


Рис. 2. iVA. Пациент 1, правый глаз: единичная абсолютная скотома в верхнем отделе (диагноз РС)

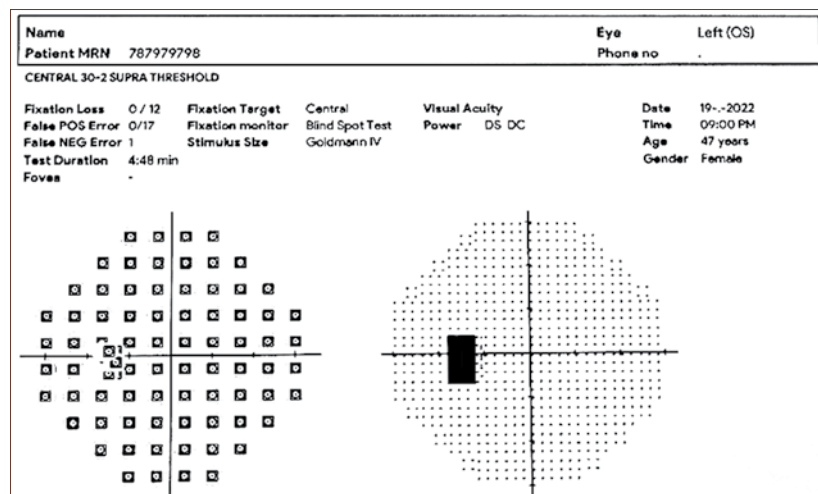


Рис. 3. iVA. Пациент 1, левый глаз: дефекты полей зрения (скотомы) не выявлены (диагноз РС)

На основании введенных оператором параметров в гарнитуре виртуальной реальности запускается тест. Одновременно отображается стимул только для выбранного глаза. Поскольку экран дисплея для каждого глаза является независимым, наложение повязки на глаза не требуется. Накладка на устройстве обеспечивает затемнение внутри гарнитуры виртуальной реальности, поэтому для проведения теста не требуется темная комната. Для коррекции аномалий рефракции предусмотрен набор линз, однако доступны только сферические линзы, а для цилиндрических линз используется сферический эквивалент. Экран гарнитуры виртуальной реальности откалиброван на полупрозрачный фон (оттенок белого). Это обеспечивает яркость 10 кд/м², что эквивалентно 31,5 апостиля. Белый стимул может быть представлен пользователю с различной интенсивностью. Однако мы использовали фиксированную сверхпороговую яркость стимулов, установленную на уровне 60 кд/м², что приблизительно соответствует 18 дБ стимулу НФА. Выполнен тест на превышение порогового значения 30–2. В начале теста пользователь может видеть точку фиксации в центре. Пользователю предлагается продолжать смотреть в центр и нажать кнопку ответа, увидев мигающую точку (стимул). Стимул подается в течение 200 мс, и пользователю предоставляется временной интервал 1300 мс для ответа, после чего подается следующий стимул. В этом случае тест продолжается. Перед началом теста устройство показывает десять точек рядом с потенциальным местоположением слепой зоны, и, исходя из ответа, эта слепая зона отображается на карте. Во время теста на слепую зону проецируется до 3% стимулов, и, если пользователь все же нажимает на нее, это засчитывается как потеря фиксации. В дополнение к этому 3% стимулов во время теста отображаются с задержкой 1200 мс. Если пользователь продолжает нажимать, когда на экране не отображается ни один стимул, это засчитывается как ложноположительный ответ. Каждое положение стимула было представлено дважды во время теста. Если для какой-либо заданной точки пользователь нажал один раз и не нажал в другой раз, результат считался ложноотрицательным [4, 6].

Оператор может отслеживать ход тестирования с помощью планшета с графическим представлением областей, в которых отображается стимул, а параметры надежности, такие как потери фиксации и ложные срабатывания, обновляются в режиме реального времени. На основании этой информации оператор может ограничить доступ пользователя или прервать и перезапустить тестирование, если параметры надежности выходят за пределы допустимого. Результаты тестирования доступны и сохраняются в программном обеспечении смартфона, которое при необходимости можно экспортировать [4]. Пациентам был показан обучающий видеоролик по использованию iVA. Для обеспечения понимания проведен краткий демонстрационный тест.



В исследование включались оба глаза в зависимости от соответствия критериям. Между тестированием двух глаз и тестированием двух полей зрения предусматривали обязательный пятиминутный перерыв. Лицам с ненадежными полями зрения предоставляли короткий десятиминутный перерыв, после чего тестирование повторяли. После тестирования на ПЕРИКОМЕ с использованием алгоритма SITA 24-2 и тестирования iVA проводили опрос удовлетворенности пациентов: просили их оценить простоту и комфортность использования iVA и ПЕРИКОМА, а также высказать мнение относительно использования iVA в перспективе.

Результаты

Полное тестирование на ПЕРИКОМЕ с использованием алгоритма SITA 24-2 и тестирование iVA прошли 30 пациентов. Результаты отчета при использовании iVA сопоставлялись с отчетами применения ПЕРИКОМА для всех участников. В большинстве случаев количество аномальных точек в обоих тестах совпадало. При проведении тестирования на iVA можно выявить изменения полей зрения от минимальных до грубых (рис. 1–9).

Анализ выявил преимущество системы iVA перед стандартным автоматическим периметром ПЕРИКОМ (81,4%) у пациентов с РС. Характеристики ошибок также различались: iVA продемонстрировал статистически значимо меньше ложноотрицательных, но больше ложноположительных результатов ($p < 0,001$). Несмотря на эти различия, общая корреляция между показателями дефектов поля зрения, полученными на iVA и ПЕРИКОМ, составила 70%. Примечательно, что подавляющее большинство пациентов (93%) отдали предпочтение iVA, оценив его как более простой и удобный метод ($p < 0,001$), а 60% выразили готовность использовать его для домашнего мониторинга, если такая возможность появится.

Обсуждение

В нашем исследовании оценивалась роль устройства iVA, использующего сверхпороговый стимул, в тестировании полей зрения у пациентов с РС. Мы обнаружили хорошую корреляцию между результатами iVA и ПЕРИКОМА [4].

В последнее время наблюдается значительный интерес к разработке периметра на основе виртуальной реальности, использование которого имеет существенные преимущества. Само устройство достаточно компактно, чтобы его можно было носить с собой в центры визуализации или использовать в домашних условиях. Постоянное электропитание или доступ в Интернет не требуются [4].

Ранее нами уже была продемонстрирована клиническая применимость устройства iVA у пациентов с нейроофтальмологической патологией, в частности при аденоме гипофиза. В том исследовании была выявлена высокая степень корреляции между результатами iVA и стандартной автоматической периметрии,

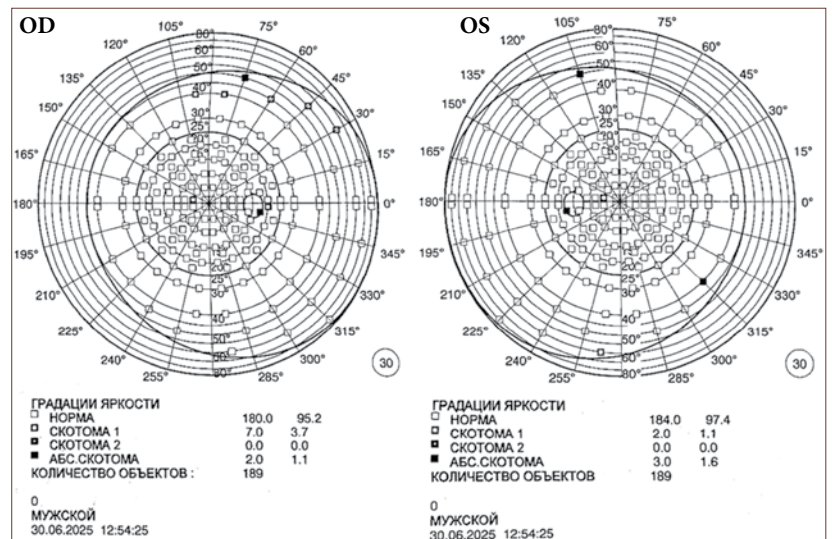


Рис. 4. ПЕРИКОМ. Пациент 2, правый глаз: относительные и абсолютная скотомы в верхнем, верхне-темпоральном, парацентральных отделах; левый глаз: единичная относительная скотома в парацентральном отделе, единичная абсолютная скотома в верхнем и нижне-носовом отделах (диагноз РС)

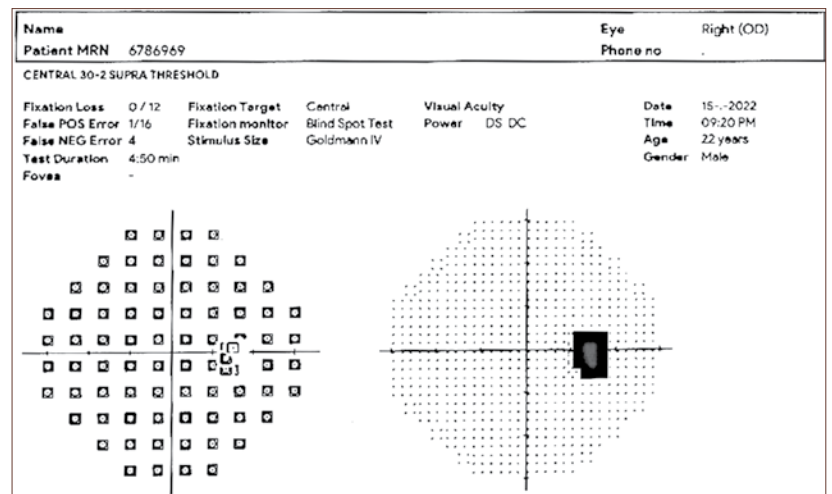


Рис. 5. iVA. Пациент 2, правый глаз: дефектов полей зрения нет (диагноз РС)

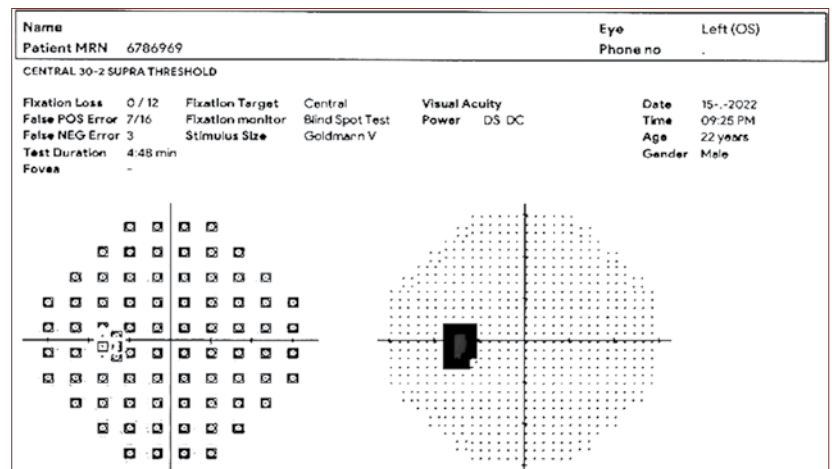


Рис. 6. iVA. Пациент 2, левый глаз: дефектов полей зрения нет (диагноз РС)

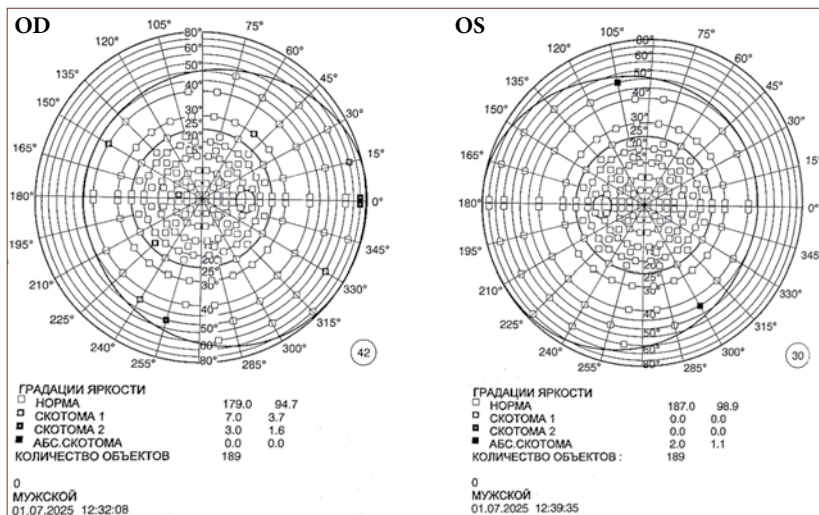


Рис. 7. ПЕРИКОМ. Пациент 3, правый глаз: множественные относительные скотомы во всех отделах; левый глаз: единичные абсолютные скотомы в верхнем и нижне-носовом отделах (диагноз РС)

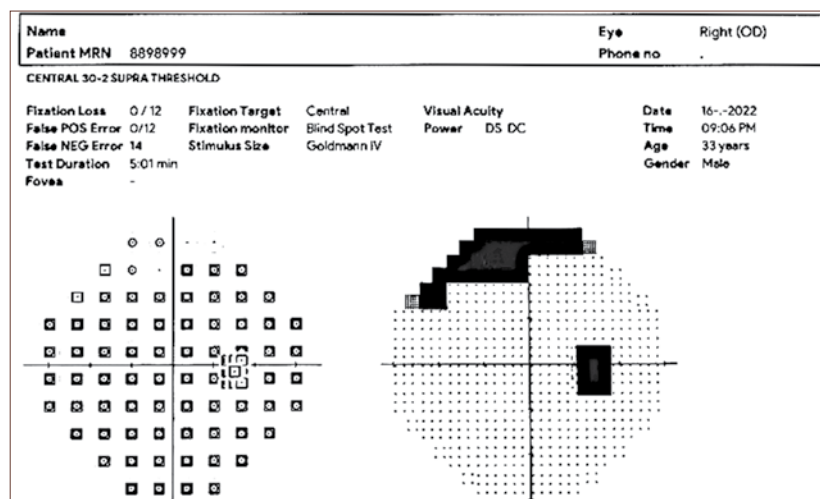


Рис. 8. iVA. Пациент 3, правый глаз: выпадение верхне-темпорального отдела (диагноз РС)

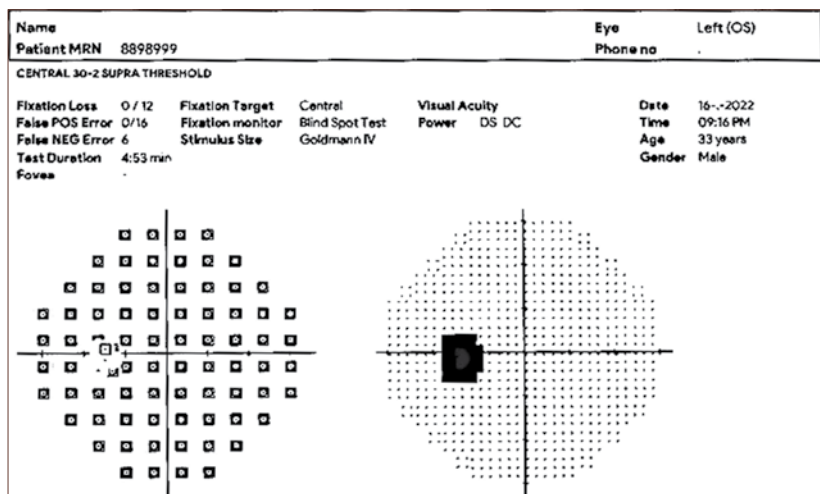


Рис. 9. iVA. Пациент 3, левый глаз: дефектов полей зрения нет (диагноз РС)

а также высокая степень предпочтения виртуального метода пациентами в силу мобильности, простоты и удобства применения. Кроме того, было установлено, что iVA характеризуется более высокой частотой надежных тестов. Эти данные подтверждают клиническую реализацию метода и его потенциал как инструмента для скрининга и мониторинга нейро-офтальмологических состояний [7].

В исследовании потери фиксации и ложноотрицательные результаты чаще наблюдались при использовании iVA, а ложноположительные – при использовании стандартных автоматизированных анализаторов полей зрения. Скорее всего, это является результатом нарушения фиксации при неврологической патологии, которая препятствует их правильной установке. Пациенты с РС нередко сталкиваются с трудностями при выполнении автоматизированной периметрии. Причин несколько: неспособность длительно удерживать осанку, снижение когнитивных функций, необходимость обращения в специализированное медицинское учреждение для проведения теста и продолжительный период времени тестирования [2, 4]. Портативный периметр iVA нивелирует эти недостатки. Тем не менее существует вероятность потери фиксации в iVA, что обусловлено недостаточной ориентацией населения в новых устройствах виртуальной реальности. Стандартное автоматизированное тестирование полей зрения более трудоемкий процесс. Это может излишне утомить пациента и привести к увеличению числа ложноотрицательных результатов. В то же время iVA выполняется намного быстрее, что может быть одной из причин очень низкого уровня ложноотрицательных результатов. Таким образом, iVA может быть полезным инструментом для оценки неврологического статуса и помощи в мониторинге заболевания [4].

Текущая версия устройства может применяться для экспресс-диагностики в качестве массового скрининга населения, но при выявлении дефектов полей зрения следует в дальнейшем провести расширенную диагностику с использованием статических периметров, поскольку в сравнении с ними iVA имеет ряд существенных ограничений.

При исследовании iVA был протестирован только порог 18 дБ, стимул был равномерным по всему полю зрения. Для более точной диагностики необходимо оценить полезность других уровней дБ для сверхпорогового скрининга в зависимости от конкретного местоположения. В более совершенных устройствах интенсивность стимула должна регулироваться из-за неоднородности чувствительности сетчатки по всему полю зрения и ее изменений с возрастом. Указанные изменения могут быть учтены при разработке полного порогового алгоритма и формировании нормативной базы данных при усовершенствовании iVA. Тогда виртуальная периметрия упростит скрининг исследования полей зрения в виде дистанционного тестирования



во внестационарных условиях, в том числе как единственный вариант обследования пожилых, инвалидов или неподвижных пациентов [5].

Заключение

Периметр виртуальной реальности iVA (Intelligent Vision Analyse) показал себя как надежный (81,4%) и хорошо коррелирующий (70%) со стандартной автоматической периметрией (ПЕРИКОМ) метод оценки полей зрения у пациентов с рассеянным склерозом. Его преимущества включают меньшую долю ложноотрицательных результатов ($p < 0,001$)

и выдающуюся приемлемость для пациентов (93%; $p < 0,001$). С учетом готовности 60% пациентов использовать iVA в домашних условиях периметр представляет собой многообещающее решение задач скрининга и регулярного мониторинга зрительных функций при РС. Этот удобный для пациента инструмент способен повысить доступность и частоту контроля состояния зрительного анализатора в амбулаторной практике и дома.

Авторы выражают благодарность разработчику и руководителю проекта VR-диагностики В.Я. Высочанскому.

Литература

1. Шмидт Т.Е., Яхно Н.Н. Рассеянный склероз. Руководство для врачей. 5-е изд. М.: МЕДпресс-информ, 2016.
2. Елисеева Е.К. Оптический неврит воспалительной и демиелинизирующей этиологии. Клинико-функциональные исследования: автореф. дис. ... канд. мед. наук. М., 2017.
3. Коваленко А.В., Бисага Г.Н., Коваленко И.Ю. Изменения зрительного анализатора при рассеянном склерозе: клиника и методы диагностики. Вестник Российской военно-медицинской академии. 2012; 2 (38): 128–135.
4. Odayappan A., Sivakumar P., Kotawala S., et al. Comparison of a new head mount virtual reality perimeter (C3 field analyzer) with automated field analyzer in neuro-ophthalmic disorders. J. Neuroophthalmol. 2023; 43 (2): 232–236.
5. Mees L., Upadhyaya S., Kumar P., et al. Validation of a head-mounted virtual reality visual field screening device. J. Glaucoma. 2020; 29 (2): 86–91.
6. Hekmatjah N., Chibututu C., Han Y., et al. Virtual reality perimetry compared to standard automated perimetry in adults with glaucoma: a systematic review. PLoS One. 2025; 20 (1): e0318074.
7. Лоскутов И.А., Межевова И.Ю., Агаджанян М.П. Периметр виртуальной реальности и автоматизированный анализатор поля: новые возможности для диагностики нейроофтальмологических заболеваний. Эффективная фармакотерапия. 2025; 21 (6): 12–17.

Virtual Reality Perimeter as a Tool for Detecting Early Visual Impairments in Multiple Sclerosis

I.A. Loskutov, PhD, I.Yu. Mezhevova, PhD, M.P. Agadzhanyan

M.F. Vladimirsky Moscow Regional Scientific Research Clinical Institute

Contact person: Marta P. Agadzhanyan, marta.agadzhanyan@mail.ru

The aim is to compare the results of perimetry using the iVA VR device with the data of standard automatic perimetry in patients with multiple sclerosis to assess the possibility of using virtual reality technology to identify and monitor visual field defects.

Material and methods. The study included 30 patients with a previously established and verified diagnosis of multiple sclerosis, confirmed by clinical and/or MRI data. After collecting anamnesis and assessing visual acuity, patients underwent tests on the standard automatic perimeter (PERICOM) and virtual reality perimeter (iVA). The iVA device used an ultra-threshold algorithm and stimuli in similar 54 positions corresponding to the HFA 24-2 SITA test. At the end of the testing, patients were interviewed about the level of comfort and subjective satisfaction with each of the methods.

Results. The results of both tests showed similarities in determining visual field defects. iVA demonstrated greater reliability (81.4%) compared to the standard automatic perimeter (PERICOM) – 59.3% ($p = 0.009$) among patients with multiple sclerosis. The Virtual Reality Perimeter (iVA) showed fewer false negatives and more false positives ($p < 0.001$). The correlation between the virtual reality perimeter (iVA) and the standard automatic perimeter (PERICOM) was 70%. According to the survey, 93% of patients preferred the perimeter of virtual reality (iVA) due to its simplicity and convenience, 60% would use it at home.

Keywords: multiple sclerosis, scotoma, demyelinating diseases, retrobulbar neuritis, automatic static perimetry, iVA (Intelligent Vision Analysis), virtual reality perimetry