

*На правах рукописи*

**Левицкий Юрий Владимирович**

**ПЕРИМЕТРИЯ ПРИ ОТСУТСТВИИ ЦЕНТРАЛЬНОГО ЗРЕНИЯ**

3.1.5. - Офтальмология

**АВТОРЕФЕРАТ**

диссертации на соискание ученой степени

кандидата медицинских наук

Москва – 2023

Диссертационная работа выполнена в Федеральном государственном бюджетном научном учреждении «Научно-исследовательский институт глазных болезней имени М.М. Краснова»

**Научный руководитель:**

доктор медицинских наук, профессор

**Еричев Валерий Петрович**

**Официальные оппоненты:**

**Арутюнян Лусине Левоновна**, доктор медицинских наук, ООО «Глазной центр «Восток-Прозрение», заведующая диагностическим отделением.

**Лоскутов Игорь Анатольевич**, доктор медицинских наук, ГБУЗ МО «Московский областной научно-исследовательский клинический институт имени М.Ф. Владимирского», заведующий офтальмологическим отделением.

**Ведущая организация:** Федеральное государственное автономное образовательное учреждение высшего образования «Российский национальный исследовательский медицинский университет имени Н.И. Пирогова» Министерства здравоохранения РФ.

Защита состоится 9 октября 2023 г. в 14-00 на заседании диссертационного совета 24.1.174.01 при Федеральном государственном бюджетном научном учреждении «Научно-исследовательский институт глазных болезней имени М.М. Краснова».

С диссертацией можно ознакомиться в библиотеке и на сайте [www.niigb.ru](http://www.niigb.ru) Федерального государственного бюджетного научного учреждения «Научно-исследовательский институт глазных болезней имени М.М. Краснова».

Автореферат разослан

« \_\_\_ » \_\_\_\_\_ 2023 г.

Ученый секретарь диссертационного совета,

доктор медицинских наук

**Иванов М.Н.**

## **ОБЩАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА РАБОТЫ**

### **Актуальность темы и степень ее разработанности**

В реальной офтальмологической практике основной методикой для оценки функционального состояния зрительного нерва при глаукоме остается периметрия. Серьезным ограничением для проведения периметрии является отсутствие центрального (предметного) зрения на обследуемом глазу, что встречается среди людей старше 60 лет более чем в 10 % случаев [Будзинская М.В. и соавт. 2007].

Результаты периметрии, полученные на таких глазах, недостоверны из-за невозможности фиксации взора на маркерной точке в центре периметрической полусферы. При отсутствии центральной фиксации ответы пациента в процессе периметрии на предъявляемые световые стимулы не будут соответствовать реальной картине состояния поля зрения, а полученные результаты будут недостоверными.

В таких ситуациях для проведения автоматической периметрии существуют различные приемы с использованием фиксационных маячков с попыткой задействовать сохранившиеся участки периферического зрения за пределами центральной скотомы (комбинация дуг, больших точек, массивного перекрестья, выходящие за пределы проекции центральной зоны и др.) [Sunness, J. S., Applegate, C. A. 2005]. Это дает возможность немного улучшить ситуацию, однако получаемые при этом результаты нельзя рассматривать как удовлетворительные.

Группой российских ученых была предложена и разработана принципиально новая модель компактного периметра, выполненного на базе шлема виртуальной реальности (Патент РФ № 2634682), что позволило проводить обследование у пациентов, неспособных удерживать взор в точке фиксации, используя чувство глубокой проприоцепции испытуемого. За счет

компактных размеров устройство может быть использовано вне стационара [Еричев В.П., Ермолаев А.П. и др. Вестник офтальмологии, 2018].

### **Цель исследования**

Обосновать принцип и разработать методику проведения автоматической статической периметрии в условиях низкого или отсутствующего центрального зрения и неспособности глаза удерживать точку фиксации, используя новый портативный периметр.

### **Задачи исследования**

1. Разработать на портативном периметре методику оценки зрительных функций, позволяющую получить сопоставимые с сертифицированными приборами результаты.
2. Обосновать корректность использования формирования условной точки фиксации взора на основе феномена проприоцепции при выполнении периметрии на портативном периметре при низком или отсутствующем центральном зрении (ЦЗ).
3. Разработать методику проведения периметрии на глазах с отсутствием ЦЗ, в том числе для определения границ центральной скотомы (ЦС) при помощи нового портативного периметра.
4. Провести сравнительную оценку результатов, полученных на глазах с отсутствием ЦЗ при использовании различных методов периметрии. Оценить достоверность результатов, получаемых при помощи нового портативного периметра, при обследовании глаз с отсутствием центрального зрения, неспособных удерживать точку фиксации.

### **Научная новизна работы**

1. Теоретически обоснован и разработан метод исследования поля зрения при помощи нового портативного периметра, позволяющего предъявлять периметрические паттерны на виртуальном экране.

2. Подтверждена репрезентативность результатов, получаемых при помощи разработанной методики с использованием нового портативного периметра
3. Обоснована возможность проведения периметрии с формированием условной точки фиксации взора на глазах с отсутствием центрального зрения.
4. На основании сравнительного анализа различных методов периметрии подтверждена достоверность результатов, полученных при помощи нового портативного периметра на глазах с отсутствием ЦЗ.

### **Теоретическая и практическая значимость работы**

1. Разработан и внедрен в практику метод определения поля зрения при помощи нового портативного периметра. При сравнении результатов обследования, полученных при помощи нового прибора с результатами сертифицированных периметров, выявлена сопоставимость с высоким уровнем достоверности.
2. Разработана и введена в практику методика формирования условной точки фиксации, основанная на чувстве проприоцепции пациента, для удерживания правильного направления взора в процессе проведения периметрии на глазах с отсутствием центрального зрения.
3. Разработан алгоритм, позволяющий проводить оценку сопоставимости результатов, полученных при помощи различных методов периметрии, в том числе сравнительную оценку результатов статической и кинетической периметрии.

### **Методология и методы диссертационного исследования**

Методологической основой диссертационной работы является применение комплекса методов научного познания. Работа выполнена в дизайне проспективного открытого сравнительного исследования с использованием клинических, инструментальных, аналитических и статистических методов.

### **Положения, выносимые на защиту**

1. Новый портативный периметр, выполненный на основе шлема виртуальной реальности, является компактным и удобным диагностическим устройством, результаты которого достоверно сопоставимы с результатами, получаемыми на сертифицированных статических периметрах.
2. Используя чувство проприоцепции пациента, возможно формирование условной точки фиксации, позволяющей устойчиво удерживать направление взора обследуемого глаза в нужном направлении, что позволяет получать достоверные периметрические данные.
3. Подтверждена репрезентативность результатов обследования, полученных при помощи портативного периметра, для глаз, неспособных удерживать в процессе обследования точку фиксации взора из-за низкого ЦЗ или его отсутствия.

### **Личный вклад автора в проведенное исследование**

Автором определены цели и задачи исследования, проведено обследование 50 глаз с нарушением центрального зрения, 50 глаз с сохранным центральным зрением. Применен в практике метод обследования глаз с нарушением центрального зрения при помощи чувства глубокой проприоцепции и нового портативного периметра. Проанализированы и обобщены результаты исследований, осуществлена статистическая обработка полученных данных. Выполнена подготовка публикаций и докладов по теме настоящей работы.

### **Степень достоверности и апробация результатов исследования**

Степень достоверности проведенных результатов исследования определяется достаточным и репрезентативным объемом выборок исследований и обследованных пациентов с использованием современных инструментальных методов исследования. Сформулированные в диссертации научные положения, выводы и практические рекомендации строго аргументированы и

логически вытекают из системного анализа результатов проведенных методов исследования.

Результаты диссертационной работы доложены на XII Республиканской конференции с международным участием «Актуальные вопросы офтальмологии» (Минск, 14-15 декабря 2018 г.), на научно-практической конференции «Актуальные вопросы нейроофтальмологии (Москва, 25 января 2019 г.), на научно-практической конференции «Актуальные вопросы нейроофтальмологии (Москва, 24 января 2020 г.).

### **Внедрение результатов работы в практику**

Результаты работы внедрены в клиническую практику ФГБНУ «НИИГБ им. М.М. Краснова»

### **Публикации**

По теме диссертации опубликовано 8 печатных работ, в том числе 3 статьи в рецензируемых научных журналах, рекомендованных Высшей аттестационной комиссией Министерства образования РФ для публикации основных результатов диссертации на соискание ученой степени кандидата наук, из них 3 входят в базу цитирования Scopus.

Получены 2 патента: RU 2682932 С1 от 22.03.2019 «Способ проведения периметрии у пациентов с отсутствием центрального зрения»; RU 2759239 С1 от 11.11.2021 «Устройство для проведения периметрии у пациентов с отсутствием центрального зрения».

### **Объем и структура диссертации**

Диссертация изложена на 125 страницах машинописного текста и состоит из введения, обзора литературы, собственных исследований, изложенных в пяти главах, заключения, выводов, практических рекомендаций и списка литературы, включающего 106 источников (30 отечественных и 76 зарубежных). Диссертация иллюстрирована 23 рисунками.

## СОДЕРЖАНИЕ РАБОТЫ

### Материал и методы исследования

В качестве материала исследования было отобрано 78 пациентов (100 глаз). В зависимости от характера дефектов поля зрения пациентов разделили на 2 группы: 1 – 34 пациента (50 глаз) с сохранным центральным зрением, 2 – 44 пациентов (50 глаз) с нарушением центрального зрения.

Среди пациентов 1 группы было 19 глаз (16 пациентов) с открытоугольной глаукомой (ОУГ) IIст. и 31 глаз (18 пациентов) с ОУГ IIIст. с компенсированным внутриглазным давлением. В 1-ую группу вошли 10 мужчин и 24 женщины. Средний возраст пациентов в данной группе составил 74,5 лет в диапазоне от 54 до 86 лет. Диагноз глаукомы подтверждали или впервые устанавливали на основании международных стандартов по оценке состояния ДЗН и центрального поля зрения (ЦПЗ). Данные офтальмотонометрии учитывали.

Во 2-ую группу были включены пациенты с нарушениями центрального зрения, среди которых было 14 мужчин и 30 женщин, средний возраст составлял 70,2 лет в диапазоне от 47 до 88 лет. Критериями включения пациентов в данную группу были острота зрения до 0.06 и неспособность пациента наблюдать точку фиксации или удерживать на ней взор.

Критерием разделения пациентов на группы было наличие или отсутствие способности обследуемого глаза уверенно удерживать взором точку фиксации в процессе периметрии. Проведение сортировки опиралось не только на определяемую максимальную остроту зрения, но в пограничных случаях – на предварительно (до периметрии) проведенный тест на субъективное удерживание взором объекта необходимого размера.

### Офтальмологические методы обследования пациентов

Всем пациентам было выполнено стандартное офтальмологическое обследование (визометрия, рефрактокератометрия, тонометрия, периметрия, биомикроскопия, офтальмоскопия).



Периметрию выполняли при помощи автоматического статического анализатора поля зрения HFA-II, портативного периметра и кинетического сферопериметра Goldmann.

### **Портативный периметр, выполненный на основе устройства виртуальной реальности**

Ключевым инструментом в нашем исследовании был новый диагностический прибор, разработанный группой российских ученых под руководством д.м.н. Ермолаева А.П. – автоматический портативный статический периметр (патент РФ №2634682, 2017), выполненный на основе устройства виртуальной реальности (virtual reality device). Прибор далее по тексту будет именоваться «портативный периметр». Рабочий прототип портативного периметра реализован компанией Total Vision (резидент Сколково, Россия).



*Рисунок 1.* Портативный анализатор поля зрения.

В рамках настоящего исследования проводили скрининг-периметрию, программное обеспечение для которой специально разработано для портативного периметра и основано на периметрической стратегии «С-76» (76 точек).

Отличительной особенностью нового портативного периметра от традиционно используемых периметрических устройств является то, что материальный полусферический экран в данном устройстве заменен на виртуальную полусферу.

Использование для формирования виртуального пространства межплатформенной среды разработки Unity позволило создать виртуальную сферу, визуально полностью аналогичную материальной сфере радиусом 30

сантиметров. Для компенсации искажений использован комплексный подход (изменение оптических параметров линз шлема, в частности использование асферических линз и компенсирующие коэффициенты программы генератора стимулов). Итогом стала возможность создания виртуальной сферы, максимально близкой по параметрам к сферическому экрану, используемому в современных автоматических периметрах. Использование в работе периметра виртуальной сферы позволило предложить для нового вида периметрии термин - «виртуальная периметрия».

Яркость фонового свечения жидкокристаллического экрана, на котором предъявлялись световые паттерны, соответствовала 31,5 апостильб. По желанию исследователя, основные параметры программы тестирования можно было регулировать до начала обследования.

В рамках данной работы, по умолчанию, выставлялись следующие параметры: цвет фона белый (по шкале RGB – R255G255B255), точка фиксации взора соответствовала размеру III по Goldmann (цвет R255G204B0). Выбран случайный порядок предъявления световых стимулов. Длительность каждого стимула составляла 200 мс, пауза между стимулами – 3 с, размер стимула соответствовал размеру III для периметрии по Goldmann (0,43 угловых градуса) с учетом перерасчета размера и яркости паттернов для виртуальной сферы. Паттерны предъявлялись в зоне 30° от точки фиксации. Предъявлялось 76 точек. Использовался трехзонный алгоритм, при котором на основе ответов пациента компьютер определяет локализацию относительных и абсолютных скотом обследуемого глаза.

### **Обследование на автоматическом статическом периметре HFA-II**

Автоматический статический периметр HFA-II широко используется в исследовательской и клинической медицинской практике на территории России и поэтому не нуждается в специальном описании. Для тестирования была выбрана программа «С-76» скрининговой стратегии SITA-Standard, исследующая поле зрения в 76 точках в 30 ° от точки фиксации при помощи трехзонного алгоритма.

Для контроля правильности направления взора использовали принцип Heijl-Krakau, при котором в зону слепого пятна периодически подается световой стимул. Получение положительных ответов на ложные стимулы указывает на отклонение линии взора и позволяет составить представление о достоверности результатов. Сводка о положительных ответах на ложные стимулы отражается на экране компьютера on-line, а затем выносится на распечатку.

График достоверности (Рис.2) обозначается отклонением синусоиды, отвечающей за фиксацию взора в центральной точке, от оси, регистрируемой встроенной видеокамерой. Отклонения от оси вверх характеризуются отведением глаза от точки фиксации, вниз – мигательные движения глаза.

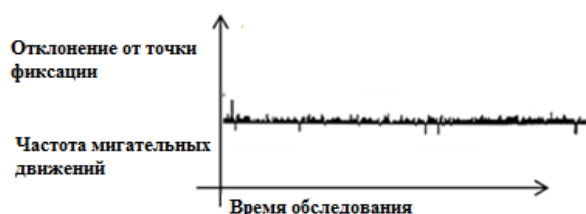


Рисунок 2. График достоверности результата исследования.

### **Периметрия на кинетическом сферопериметре Goldmann**

Кинетическую периметрию выполняли на проекционном периметре с полусферическим экраном (периметр Goldmann) в 8 меридианах с использованием стандартного тест-объекта: III объект по диаметру (4 мм) и 4 объект по яркости – 320 кд/м<sup>2</sup>.

Данный метод был выбран для исследования, так как он позволяет осуществлять прямой контроль за направлением взора пациента, что особенно важно при нарушении центрального зрения. Достоверность результатов, полученных на таких глазах, не может быть высокой. Однако при условии, что пациент не способен видеть точку фиксации (или условную точку фиксации), кинетическая периметрия имеет преимущество перед автоматической, позволяя зафиксировать размер и форму обширной центральной скотомы.

## Обследование пациентов

Настоящее исследование состоит из 2 этапов. 1-ый этап был направлен на то, чтобы удостовериться в том, что результаты, получаемые при помощи портативного периметра, являются достоверными. 2-ой этап включал в себя основной фрагмент исследования, заявленный в качестве темы диссертации.

### **1-ый этап: подтверждение достоверности результатов, полученных на портативном периметре**

Для подтверждения достоверности исследования полей зрения при помощи портативного периметра 1-ая группа обследуемых глаз была разделена на 2 подгруппы: 1-А (экспериментальная), где автоматическая статическая периметрия выполнялась на портативном периметре и 1-Б, где проводилась статическая автоматическая периметрия на периметре HFA-II (контрольная). В обоих случаях обследование проводилась скрининг-периметрия «С-76» с предъявлением 76 точек.

Стратегией исследования на 1-ом этапе являлось сравнение результатов скрининг-периметрии, проведенной на портативном периметре и на HFA-II на одних и тех же глазах с сохранным центральным зрением с целью сравнительного анализа полученных результатов.

Так как HFA-II является сертифицированным прибором для офтальмологической диагностики и позиционируется в качестве «золотого» стандарта периметрии, результаты данного исследования мы рассматривали как априорно достоверные, с которыми может быть проведено сравнение результатов, полученных на портативном периметре. В случае получения высокого коэффициента соответствия (К) при сравнении, результаты, полученные на портативном периметре, можно считать достоверными.

Помимо этого, на 1-м этапе исследования было проведено дополнительное исследование с целью проверки повторяемости результатов, полученных при помощи портативного периметра. С этой целью обследование проводилось на портативном периметре с соблюдением унифицированности методики на каждом из глаз в этой группе дважды с

интервалом, достаточным для отдыха пациента, после чего результаты сравнивали.

## **2-й этап: Основное исследование по заявленной теме**

Все глаза пациентов на данном этапе были обследованы 3 разными методами, и соответственно, разделены на 3 подгруппы:

- 1) обследование на автоматическом статическом портативном периметре (экспериментальная);
- 2) обследование на автоматическом статическом периметре HFA-II (1-ая контрольная подгруппа);
- 3) обследование на сферопериметре Goldmann (2-ая контрольная подгруппа).

Отличительной характеристикой глаз, обследованных в процессе 2-го этапа исследования, было резкое снижение или отсутствие центрального (предметного) зрения, что препятствовало возможности для этих глаз удерживать точку фиксации взора в процессе периметрии. Причина нарушения, в рамках нашего исследования, не имела принципиального значения – ключевым фактором являлось наличие центральной скотомы, препятствующей удержанию взора в точке фиксации.

В экспериментальной подгруппе обследование пациентов проводилось с использованием оригинальной методики с формированием виртуальной точки фиксации (Патент RU 2682932 C1).

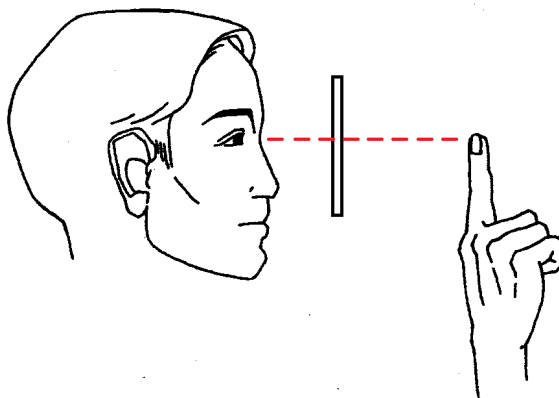
### **Методика формирования виртуальной точки фиксации взора при отсутствии центрального зрения**

Для глаз с отсутствием центрального (предметного) зрения в процессе обследования на портативном периметре нами была разработана методика формирования виртуальной точки фиксации, которая позволяла стойко удерживать взор в центре экрана в процессе обследования, что позволило минимизировать блуждание глаза добиться искомого результата - достичь большей достоверности.

Для удерживания взора на виртуальной точке фиксации задействовали

чувство глубокой проприоцепции обследуемого. Чувство проприоцепции является важнейшей характеристикой здорового организма, благодаря которому пациент знает о пространственной локализации частей собственного тела без визуального контроля.

Пациента просили сконцентрировать внимание на пальце выставленной вперед руки, что позволяет удерживать стабильное направление взора.



*Рисунок 3. Схема формирования условной точки фиксации.*

Для исключения возможных неврологических проблем, которые могут стать препятствием проведения обследования с использованием чувства проприоцепции, испытуемому перед исследованием проводили пальце-носовую пробу. Испытуемый должен при открытых глазах развести руки в стороны, после чего, уже с закрытыми глазами, постараться дотронуться указательными пальцами до кончика носа. В случае неврологических нарушений пациент будет промахиваться мимо кончика носа, либо совершать множество беспорядочных движений, препятствующих выполнению задачи, что является противопоказанием к выполнению исследования, так как пациент будет неспособен удерживать взор в условной точке фиксации. После положительного результата пробы можно начинать исследование.

Обследуемого усаживают на стул, надевают на него шлем-периметр и приводят прибор в рабочее состояние. Пациента просят поднять перед собой одну руку таким образом, чтобы при мысленной концентрации взора обследуемого глаза на кончике поднятого пальца, линия взора проходила

приблизительно через центр экрана.

В свободную руку пациенту дают устройство обратной связи (кнопка), как при проведении обычной автоматической периметрии. После того, как пациент зафиксировал взор на своем пальце и сообщил о своей готовности, производили запуск программы обследования. В процессе обследования, пациент должен реагировать нажатием кнопки на каждый увиденный стимул (как на традиционных автоматических периметрах).

Учитывая тенденцию со временем терять ощущение положения своего пальца, для сохранения внимания необходимо время от времени производить сенсорное раздражение его кончика.

### **Математическая и статистическая обработка результатов**

Для оценки сопоставимости полученных результатов, при поддержке коллег из Аахенского университета (Германия) был разработан специальный алгоритм, описание которого подробно представлено в соответствующей главе.

При анализе результатов, для всех обследований оценивали достоверность результатов. При обследовании глаз с сохранным центральным зрением, для оценки новой предлагаемой методики с использованием портативного периметра проверяли:

А) повторяемость результатов, сделанных на каждом глазу с наличием центрального зрения.

Б) сопоставимость результатов, полученных на новом периметре с результатами при обследовании на периметре HFA-II.

Для оценки методики периметрии на глазах с отсутствием центрального зрения, являющейся предметом данной диссертации, результаты, получаемые при помощи портативного периметра, оценивали с результатами, полученными на тех же глазах с использованием других методов периметрии.

## **РЕЗУЛЬТАТЫ ИССЛЕДОВАНИЯ**

### **Оценка повторяемости результатов на портативном периметре**

Одним из важных критериев, с которого целесообразно начать оценку достоверности результатов, получаемых на новом приборе, является повторяемость результатов, полученных при обследовании одного и того же глаза с использованием одного и того же протокола исследования.

Для этого у пациентов этой группы было проведено исследование, при котором скрининг-периметрия С-76 проводилась дважды, с интервалом 1-3 суток. Коэффициент соответствия  $K=97,2$ , что показывает высокую сопоставимость. Стоит учитывать, что небольшие отклонения могли быть по причине изменения самочувствия или невнимательности пациентов.

### **Проведение исследования**

Обследуемые глаза были разделены на 2 группы, в зависимости от характера дефекта поля зрения:

1 группа – глаза с дефектами поля зрения в пределах  $30^\circ$  от центра, но сохранным центральным зрением (всего: 50 глаз). Исследование проводилось при помощи автоматического статического анализатора поля зрения НФА-II и портативного периметра.

2 группа – глаза с нарушением или отсутствием центрального зрения (50 глаз), острота зрения которых была ниже 0.06. Исследование так же проводилось при помощи автоматического статического анализатора поля зрения НФА-II, кинетического сферопериметра Goldmann и портативного периметра. Пациенты в этой группе были неспособны удерживать взор в точке фиксации, что является главным условием для проведения исследования поля зрения.

### **Сравнение результатов периметрии на глазах с сохранным ЦЗ**

В 1 группе (с сохранным ЦЗ) производилась сравнительная характеристика результатов, полученных при помощи НФА-II и портативного периметра. Пары результатов (Рис.4) визуально



сопоставимы, для более детального анализа был использован специальный алгоритм, разработанный коллегами из Аахенского университета прикладных наук (Германия). Была выявлена хорошая сопоставимость результатов ( $K=93,7\%$ ).

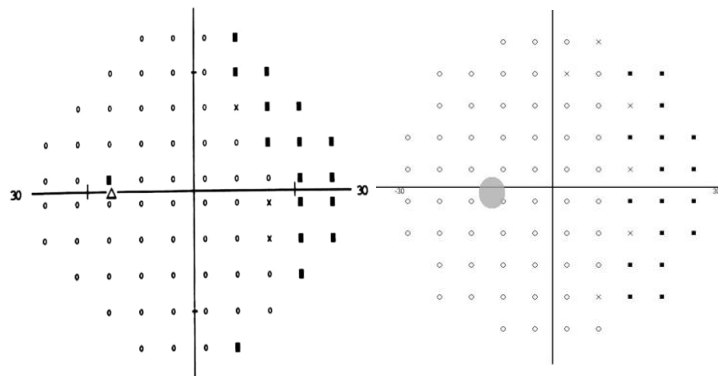


Рисунок 4. Сопоставление результатов, полученных при помощи анализатора поля зрения НФА II (слева) и портативного периметра (справа) на одних и тех же обследованных глазах по программе С-76.

### Сравнение результатов периметрии на глазах с нарушением ЦЗ

Во 2 группе (с нарушением ЦЗ) в процессе проведения скрининг-периметрии на автоматическом анализаторе поля зрения НФА-II в первую очередь акцентировали внимание на диаграмме фиксации взора, которая создается программой анализатора по данным окулографа (Рис.5). Часть пациентов, не видя точку фиксации, в процессе исследования в течение некоторого времени пытались сохранить положение взора в центре сферического экрана, но быстро уставали.

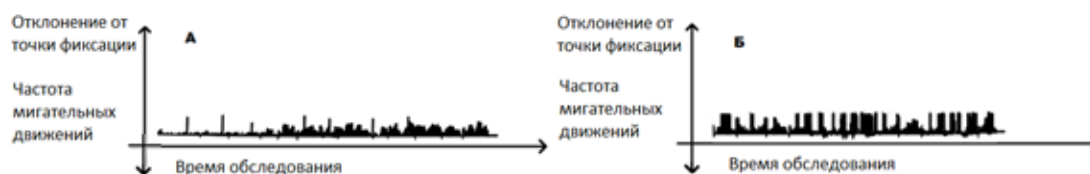


Рисунок 5. а, б. Графики достоверности периметрии при помощи анализатора НФА-II на глазах с отсутствием центрального (предметного) зрения.

а. Достоверность низкая, постепенная потеря точки фиксации вследствие утомления пациента в процессе исследования.

б. Результат недостоверен, неспособность пациента к фиксации взора с самого начала исследования.

Отсутствие удовлетворительного графика достоверности во 2-ой группе позволило прийти к выводу, что автоматическая статическая периметрия малопригодна для обследования глаз с нарушением центрального зрения и только в ряде случаев дает более или менее удовлетворительные результаты. Учитывая это, последующий анализ результатов, полученных во второй группе, не проводили.

В ходе исследования при помощи кинетического сферопериметра Goldmann осуществляли прямой визуальный контроль за положением взора через окуляр со стороны специалиста. Возможность прямого контроля за направлением взора (у пациентов с нарушением ЦЗ отмечается тенденция отведения взора от точки фиксации) увеличивает продолжительность исследования, однако делает результаты более достоверными.

Исследование поля зрения при помощи портативного периметра производилось с применением метода, основанного на чувстве глубокой проприоцепции испытуемого, что позволяло формировать условную точку фиксации без визуального контроля, снижая погрешность полученных результатов.

### **Сравнительный анализ результатов периметрии**

При визуальном анализе сравнительной характеристики пар результатов, полученных при помощи кинетического сферопериметра Goldmann и портативного периметра (результаты HFA-II были исключены из исследования), было выявлено высокое сходство.

Математический анализ пар графических результатов полей зрения производили на основе оригинального алгоритма, разработанного для данного исследования коллегами из Аахенского университета прикладных наук (Германия). При сравнении результатов портативного периметра с результатами, полученными на сферопериметре Goldmann, выявлена высокая сопоставимость ( $K=73,7\%$ ).

Обработку пар графических результатов сравнительной проверки полей зрения производили на основе собственного разработанного алгоритма сравнительного анализа изображений с помощью программ MS Excel и MS PowerPoint.

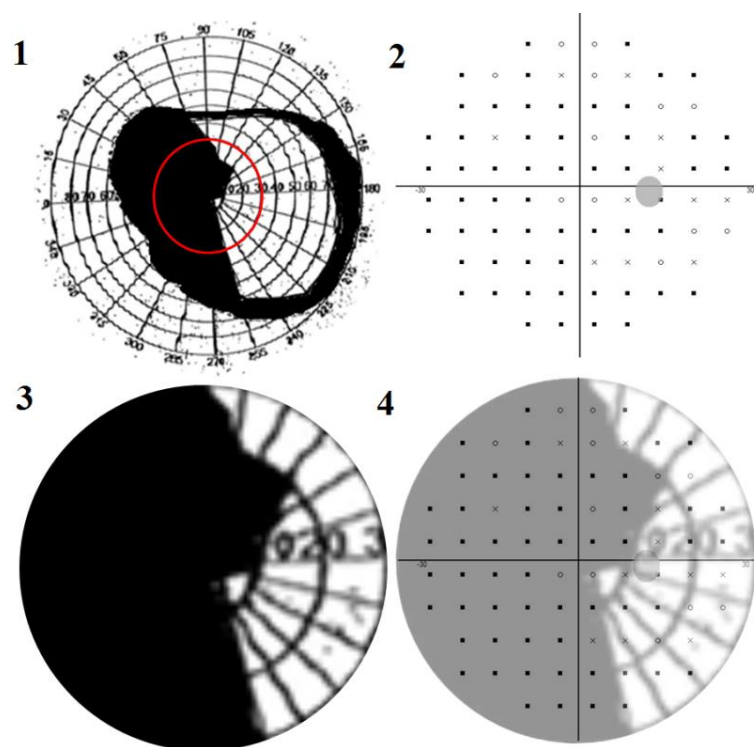


Рисунок 6. Сравнительный анализ результатов Goldmann (1, 3) и портативного периметра (2, 4). Выделенная зона соответствует  $30^\circ$  от центра.

Карта результатов портативного периметра располагалась в окне стандартных размеров (Рис. 6.2). Карта периметра Goldmann при необходимости корректировалась на предмет геометрических искажений, затем из полной карты вырезали круглый сегмент, соответствующий полю зрения  $30^\circ$ . (Рис. 6.1,3). Этот сегмент делали полупрозрачным, растягивали и центрировали в окне поверх карты результатов портативного периметра так, чтобы горизонтальный и вертикальный диаметр сегмента как можно более точно совпадали с соответствующими осями карты результатов портативного периметра (Рис. 6.4). При необходимости круглый сегмент поворачивали вокруг своего центра. Проводился подсчет различных точек, соответствующих норме, абсолютным или относительным скотомам на

карте, выполненной на портативном периметре, внутри и за пределами скотом карты, выполненной на периметре Goldmann (Рис. 6.4).

## ВЫВОДЫ

1. На основании клинических исследований на статистически значимом материале (50 глаз) с сохранным центральным зрением доказана репрезентативность результатов, полученных при помощи нового портативного периметра, разработанного на базе устройства виртуальной реальности. Была получена высокая повторяемость результатов, составившая  $K=97,2$ . При сравнении результатов скрининг-периметрии, проведенной на новом портативном периметре и при помощи сертифицированного анализатора поля зрения, выявлена высокая сопоставимость результатов ( $K=93,7$ ).

2. Разработана методика для работы на новом портативном периметре, позволяющая пациенту без грубой неврологической патологии удерживать правильное направление взора в процессе проведения периметрии. Методика опирается на чувство проприоцепции пациента, благодаря которому он в любой момент времени может оценить пространственное положение своей руки. Это дает возможность формировать условную точку фиксации взора и удерживать ее в процессе периметрии в нужной для обследования точке наведения. Использование данного подхода позволяет проводить периметрию на глазах с отсутствием центрального зрения, неспособных удерживать взором точку фиксации в процессе периметрии, а также определять границы центральной скотомы.

3. Разработан оригинальный алгоритм, позволяющий оценивать сопоставимость результатов периметрии, полученных при помощи портативного периметра и других лицензированных периметрических приборов, в том числе статической и кинетической периметрии, используя предложенный коэффициент сопоставимости.

4. При сравнении результатов обследования глаз с отсутствием центрального зрения, полученных в двух группах: при помощи нового портативного периметра и кинетического сферопериметра Goldmann, выявлена хорошая сопоставимость результатов ( $K=73,7\%$ ). Полученные результаты могут быть основой для практического применения портативного периметра и разработанной методики периметрии.

### **ПРАКТИЧЕСКИЕ РЕКОМЕНДАЦИИ**

1. Для проведения периметрии на глазах с сохранным центральным зрением, в качестве альтернативы существующим устройствам может быть использован новый портативный периметр. Прибор не требует для обследования специально подготовленного помещения, благодаря компактным размерам он может быть использован не только в лечебных учреждениях, но и при работе на дому, что существенно увеличивает возможности скринингового обследования пациентов и раннего выявления глаукомы.

2. На глазах с отсутствием ЦЗ, неспособных удерживать точку фиксации, возможно проведение периметрии и определение границ центральной скотомы при помощи нового портативного периметра с формированием условной точки фиксации взора, получаемой благодаря чувству проприоцепции пациента. Данный метод может быть осуществлен благодаря конструктивным особенностям портативного периметра.

3. При неправильном надевании шлема нового портативного периметра на голову возможно его «провисание» под влиянием собственного веса, что приводит к формированию месяцеобразных скотом в нижней части поля зрения. Перед проведением обследования необходимо проверить, насколько правильно шлем прибора надет на голову.

4. При обследовании глаз с отсутствием ЦЗ при помощи нового портативного периметра, перед обследованием всем пациентам

рекомендуется проводить простые неврологические пробы (пальце-носовая проба) для уточнения сохранности у них чувства проприоцепции (поскольку в случае нарушения проприоцепции, формирование условной точки фиксации будет затруднено, а проведение периметрии будет невозможным).

5. Важно помнить, что при отсутствии тактильного раздражения, через некоторое время пациент теряет чувство локализации своего пальца, на котором сосредоточено его внимание. Это приводит к потере условной точки фиксации, что снижает репрезентативность результатов обследования. Во избежание этого, через каждые 30-40 секунд врачу, производившему обследование, следует касаться кончика пальца пациента, что приводит к активации сенсорных ощущений и позволяет сохранять внимание на условной точке фиксации.

#### **Список работ, опубликованных по теме диссертации**

1. Ермолаев А.П., Еричев В.П., Антонов А.А., Левицкий Ю.В., Григорян Г.Л., Котляр К., Бахарев А.В., Мазурова Ю.В. Портативный периметр: исследование зрительных функций при отсутствии центрального зрения // Точка зрения. Восток - Запад. – 2019. – № 2. – С. 81-84.
2. Ермолаев А.П., Еричев В.П., Антонов А.А., Левицкий Ю.В., Хдери Х., Григорян Г.Л., Котляр К., Бахарев А.В., Мазурова Ю.В. Исследование поля зрения на глазах с отсутствием центральной фиксации // Современные технологии в офтальмологии. – 2019. – № 3. – С. 43-46.
3. Ермолаев А.П., Еричев В.П., Антонов А.А., Левицкий Ю.В., Григорян Г.Л., Котляр К., Бахарев А.В., Мазурова Ю.В. Диагностика зрительных функций у пациентов с отсутствием центрального зрения // Современные технологии в офтальмологии. – 2019. – № 2. – С. 225-228.
4. Ермолаев А.П., Еричев В.П., Антонов А.А., Левицкий Ю.В., Григорян Г.Л., Котляр К., Хдери Х., Мазурова Ю.В. Периметрия у ограниченно подвижных и лежачих пациентов при помощи портативного периметра на базе шлема виртуальной реальности // Новости глаукомы. – 2019. – № 1(49). – С. 56-57.
5. Ермолаев А.П., Еричев В.П., Антонов А.А., Левицкий Ю.В., Григорян Г.Л., Котляр К., Хдери Х., Мазурова Ю.В. Исследование светочувствительности сетчатки при нарушении центрального зрения с помощью портативного периметра (предварительное сообщение) // **Вестник офтальмологии.** – 2019. – Т. 135. – № 3. – С. 46-54.

6. Ермолаев А.П., Еричев В.П., Антонов А.А., Левицкий Ю.В., Григорян Г.Л., Котляр К., Бахарев А.В., Мазурова Ю.В. Проведение периметрии при отсутствии Центрального зрения // XVIII Всероссийская школа офтальмолога : сборник научных трудов, Москва, 21–24 марта 2019 года. – Москва: Б. и., 2019. – С. 5-13.

7. Полева Р.П., Ермолаев А.П., Хдери Х., Левицкий Ю.В. Функциональная реабилитация при помутнениях в центральной зоне оптической части интраокулярной линзы (клиническое наблюдение) // **Вестник офтальмологии**. – 2020. – Т. 136. – № 5-2. – С. 237-240.

8. Еричев В.П., Левицкий Ю.В., Григорян Л.А., Ермолаев А.П. Возможности портативного периметра в исследовании поля зрения пациентам в положении лежа (предварительные результаты) // **Национальный журнал Глаукома**. – 2023. – Т. 22. - № 1. – С. 35-40.

### **Список изобретений**

1. Ермолаев А.П., Григорян Г.Л., Антонов А.А., Бахарев А.В., Петров С.Ю., Левицкий Ю.В., Хдери Х., Казбан А.А. Способ проведения периметрии у пациентов с отсутствием центрального зрения. Патент РФ: заявка №2018123192 от 26.06.2018. Патент РФ на изобретение №2682932 С1 от 22.03.2019.

2. Бетин В.Н., Ермолаев А.П., Левицкий Ю.В. Устройство для проведения периметрии у пациентов с отсутствием центрального зрения. Патент РФ: заявка №2021105838 от 05.03.2021. Патент РФ на изобретение №2759239 С1 от 11.11.2021.

### **Список сокращений**

ПП – Портативный периметр

ЦЗ – Центральное зрение

ЦС – Центральная скотома

ОУГ – Открытоугольная глаукома

ГОН – Глаукомная оптическая нейропатия

ДЗН – Диск зрительного нерва