

УДК 617.7-007.681-07: 617.754-072.7

Эффективность различных методов компьютерной периметрии в диагностике первичной открытоугольной глаукомы. Часть 1

Симакова И.Л., д.м.н., доцент кафедры офтальмологии;**Сухинин М.В.**, к.м.н., начальник отделения клиники кафедры офтальмологии;**Сердюкова С.А.**, врач-офтальмолог клинко-диагностического центра.

ФГБВОУВПО «Военно-медицинская академия» им. С.М. Кирова МО РФ, 194044, Российская Федерация, Санкт-Петербург, ул. Академика Лебедева, 6П.

*Авторы не получали финансирование при проведении исследования и написании статьи.
Конфликт интересов: отсутствует.*

Резюме

ЦЕЛЬ. Сравнить диагностическую эффективность 6 методов компьютерной периметрии (КП) у пациентов с первичной открытоугольной глаукомой (ПОУГ) в рамках открытого сравнительного клинического исследования.

МЕТОДЫ. В исследовании участвовали 52 больных (96 глаз) в возрасте от 41 года до 76 лет (средний возраст 63 года) с ПОУГ. В зависимости от стадии глаукомы пациентов разделили на 3 группы: 1-я — с начальной (41 глаз), 2-я — развитой (36 глаз) и 3-я — далекозашедшей (19 глаз) ПОУГ. В контрольную группу вошли 20 здоровых человек (40 глаз) в возрасте от 44 до 67 лет (средний возраст 59 лет).

Наряду со стандартным офтальмологическим обследованием всем испытуемым проводили КП на анализаторе поля зрения Humphrey Visual Field Analyzer II (HFA II) 745i (Германия-США), автоматическом периметре AP1000 («Томеу», Германия), автоматическом статическом периметре Периком (Российская Федерация), микропериметре MP-1 («Nidek Technologies», Япония), а также наши модификации периметрии с технологией удвоения пространственной частоты — Frequency Doubling Technology (FDT) perimetry и исследования мультифокальных зрительных вызванных потенциалов (мфЗВП). Всем пациентам с ПОУГ выполняли оптическую когерентную томографию (ОСТ) на RTVue-100 («Optovue», США).

РЕЗУЛЬТАТЫ. Данные FDT-периметрии, не уступая по уровню чувствительности HFA II (84/81%), показали самый высокий уровень специфичности (96%), наименьшую вариабельность повторных результатов и минимальное время тестирования одного глаза (1,5±0,04 мин.). AP-1000 и Периком имели более низкие уровни чувствительности (76/74%) и специфичности (71/88%) результатов, а тестирование было длительным (9,1±0,4 и 9,3±0,3 мин.). Данные MP-1 показали высокую чувствительность (88%) и самую низкую специфичность (54%), тестирование было еще более длительным (13,5±7,1 мин.). Результаты мфЗВП имели достаточно высокую чувствительность (78%) и специфичность (81%), длительность исследования одного глаза оказалась максимальной (20,2±0,7 мин.).

ЗАКЛЮЧЕНИЕ. Для уточнения диагноза «глаукома», ее стадии, мониторинга заболевания следует при возможности использовать несколько методов КП, а при невозможности — неоднократно повторять имеющийся в наличии периметрический тест, сопоставляя данные периметрии с состоянием диска зрительного нерва.

КЛЮЧЕВЫЕ СЛОВА: первичная открытоугольная глаукома, стандартная автоматизированная периметрия, компьютерная периметрия, пороговая и надпороговая периметрия, чувствительность, специфичность, вариабельность результатов периметрии.

Для контактов:

Симакова Ирина Леонидовна, e-mail: irina.l.simakova@gmail.com

ENGLISH

The effectiveness of various methods of computerized perimetry in primary open-angle glaucoma. Part 1

SIMAKOVA I.L., Med.Sc.D., Associate Professor;

SUKHININ M.V., Ph.D., Head of the Ophthalmology Department Clinic;

SERDUKOVA S.A., M.D.

The Military Medical Academy, Ophthalmology Department, 6P Academician Lebedev st., Saint Petersburg, Russian Federation, 194044.

Conflicts of Interest and Source of Funding: none declared.

Abstract

PURPOSE: To compare the diagnostic efficiency of 6 different computerized perimetric methods in patients with primary open-angle glaucoma (POAG) in an open comparative clinical research.

METHODS: The study involved 52 patients (96 eyes) aged from 41 to 76 years old (average age 63 years) with POAG. Patients were divided into three groups depending on the stage of POAG: Group 1 included patients with mild (41 eyes), Group 2 — with moderate (36 eyes) and Group 3 — with advanced stages (19 eyes) of POAG. The control group consisted of 20 healthy persons (40 eyes) aged from 44 to 67 years old (average age 59 years).

The patient examination included a standard ophthalmic assessment as well as computerized perimetry (CP) on Humphrey Visual Field Analyzer II (HFA II) 745i (Germany-USA), automated perimeters AP1000 («Tomey», Germany) and Pericom (Russian Federation), Micro-Perimeter MP-1 («Nidek Technologies», Japan), our modifications of Frequency Doubling Technology (FDT) perimetry and investigation of the multifocal Visual Evoked Potentials (mf VEP) as well as optical coherence tomography OCT RTVue-100 («Optovue», USA).

RESULTS: FDT perimetry data demonstrated the same sensitivity (84%) as the HFA II ones (81%) and the greatest specificity (96%), the lowest variability of repeated results and the minimum testing time of one eye (1.5 ± 0.04 min). Perimeters AP1000 and Pericom had lower levels of sensitivity (76/74%) and specificity (71/88%); the testing was longer (9.1 ± 0.4 and 9.3 ± 0.3 min). Data of MP-1 showed the high sensitivity (88%) and the lowest specificity (54%), the testing took place even longer (13.5 ± 7.1 min.). The results of mf VEP had a quite high sensitivity (78%) and specificity (81%) and the maximum testing time of one eye (20.2 ± 0.7 min.).

CONCLUSION: To diagnose glaucoma, determine its stage and progression several methods of CP should be used. If it is impossible, it is necessary to repeat the same perimeter test a few times comparing perimetry data with the condition of the optic nerve head.

KEYWORDS: primary open-angle glaucoma, standard automated perimetry, computerized perimetry, threshold and suprathreshold perimetry, sensitivity, specificity, variability of perimeter results.

Глаукома является одной из главных причин слепоты и инвалидности по зрению не только в нашей стране, но и во всем мире [1]. Наиболее эффективной профилактикой слепоты, а значит, и инвалидности от глаукомы является её ранняя диагностика. В середине XX века в СССР был организован самый массовый в истории мировой медицины скрининг на глаукому на основе только офтальмотонометрии. Но, как показала практика, огромная работа по ранней диагностике глаукомы в нашей стране, основанная на измерении внутриглазного давления (ВГД) всем лицам старше 40 лет с частотой 1 раз в 3 года, оказалась неэффективной в достижении главной цели — профилактике слепоты от глаукомы. Одной из причин такой неудачи, как выяснилось в конце прошлого века, оказалось существование особой клинической формы заболевания — первичной открытоугольной

глаукомы (ПОУГ) псевдонормального давления, при которой офтальмотонус не повышен по сравнению со средней статистической нормой, но превышает индивидуально переносимое ВГД [2]. В результате оставалась раньше и сохраняется теперь высокой (36-60%) доля больных, диагностируемых в поздних стадиях болезни [3].

В мировой офтальмологической практике массовая офтальмотонометрия как способ скрининга на глаукому, не подкрепленная другими исследованиями, признана нецелесообразной во всех аспектах — диагностическом, профилактическом, экономическом. Для обсуждения наиболее значимых проблем в толковании глаукомы и принятия коллегиальных решений по ним с 2004 г. в рамках Международной ассоциации глаукомных обществ (AIGS) ежегодно собираются ведущие глаукоматологи из разных стран мира, выступающие в роли

международных экспертов. Первый Консенсус [4] был посвящен диагностике глаукомы, а Консенсус 2011 г. [5] — проблеме прогрессирования глаукомы. В соответствии с рекомендациями из этих Консенсусов для оценки наличия, течения и лечения глаукомы важен не столько уровень ВГД, сколько надежная база достоверных данных о состоянии диска зрительного нерва (ДЗН) и центрального поля зрения (ЦПЗ). Но до сих пор в нашей стране, особенно в амбулаторной практике, офтальмотонометрия нередко используется в качестве основополагающего, а порой и единственного диагностического критерия при выявлении и лечении глаукомы.

Российское глаукомное общество входит в те 30, которым рассылаются результаты Консенсуса AIGS. В соответствии с международными стандартами, при выявлении начальной глаукомы исключительно значимой является оценка ДЗН, а именно обнаружение в нем достоверных признаков глаукомной оптиконейропатии, подтвержденных специфическими изменениями в ЦПЗ, состояние которого также является наиболее чувствительным показателем прогрессирования болезни [6-8].

Субъективная оценка соотношения «экскавация/диск» (Э/Д) по Армали позволяет уловить лишь значительные изменения в размерах экскавации, и поэтому данный метод неприемлем для мониторинга структурных изменений ДЗН при глаукоме. Более объективная оценка прогрессирования глаукомы по состоянию ДЗН и слоя нервных волокон сетчатки обеспечивается с помощью нескольких измерительных приборов, а именно оптической когерентной томографии (ОСТ), конфокальной сканирующей лазерной офтальмоскопии (НРТ), сканирующей лазерной поляриметрии с переменной компенсацией роговичного лучепреломления (GDx VCC), анализатора ретинальной толщины (RTA) и/или фотографирования глазного дна [9]. Однако существующие сегодня импортные приборы для оценки структуры ДЗН весьма дорогостоящие, что препятствует их широкому использованию в нашей стране при массовых профилактических осмотрах населения на глаукому и в ходе морфометрического мониторинга уже выявленной болезни. Кроме того, индивидуальные морфологические показатели в отличие от функциональных показателей в норме более вариабельны. В связи с этим, а также по экономическим соображениям функциональный мониторинг на основе пороговой периметрии при глаукоме кажется более адекватным задачам диспансеризации в нашей стране [6, 10].

Все периметры, предлагаемые на современном рынке, можно разделить на проекционные периметры и компьютерные анализаторы поля зрения. Проекционные периметры широко распространены в нашей стране и до сих пор производятся в виде таких рутинных моделей, как периметр настольный ручной (ПНР-03), анализатор проекционный

поля зрения (АППЗ-01), которые не могут помочь в выявлении начальной глаукомы. За рубежом с этой целью используют компьютерные анализаторы поля зрения, имеющие скрининговую, пороговую, а многие из них и кинетическую стратегии в варианте «белый стимул на белом фоне». К сожалению, отечественные компьютерные периметры Периком и Перитест являются надпороговыми и поэтому малочувствительными в ранней диагностике глаукомы. Из представленных сегодня на рынке зарубежных компьютерных периметров только анализаторы поля зрения Humphrey Visual Field Analyzer II (HFA II, Германия-США) и Octopus (Швейцария) относятся к приборам экспертного класса [11-14, 34, 35]. Поэтому исследование поля зрения с их помощью называется стандартной автоматизированной периметрией (САП) и является общепризнанным «золотым» стандартом в мировой офтальмологической практике.

«Золотой» стандарт центральной статической периметрии вошел в клиническую практику и нашей страны, правда, пока из-за высокой коммерческой стоимости приборов потребность в них далеко не удовлетворена [6, 15]. В связи с этим в РФ наибольшее распространение получили такие экономически более доступные зарубежные компьютерные периметры, как AP-1000, 2000, 3000 («Tomey», Германия), Twinfield («Oculus», Германия) и некоторые другие.

Цель настоящей работы — в формате открытого сравнительного клинического исследования сравнить диагностическую эффективность 6 методов КП у пациентов с ПОУГ.

В задачи нашего исследования входило изучение уровней чувствительности и специфичности, а также вариабельности результатов сравниваемых методов КП. Кроме того, следовало оценить время тестирования, а также простоту и комфортность в реализации каждого из 6 используемых методов КП с точки зрения самого испытуемого.

Материалы и методы

В исследовании приняли участие 52 больных (в возрасте от 41 до 76 лет, средний возраст составил $63 \pm 13,2$ года ($M \pm \delta$), 96 глаз) с ПОУГ.

Из исследования исключались пациенты, имеющие:

- глазные или системные заболевания, влияющие на состояние поля зрения;
- аномалию рефракции, превышающую $\pm 5,0$ дптр;
- остроту зрения ниже 0,5.

В контрольную группу вошли 20 здоровых по состоянию органа зрения человек (40 глаз) в возрасте от 44 до 67 лет, средний возраст составил $59 \pm 7,6$ года ($M \pm \delta$).

Больные с ПОУГ на основе данных дискотметрии и периметрии (статической и кинетической) были разделены на 3 группы по стадии заболевания.

Диагностические критерии при определении стадии ПОУГ

Стадия глаукомы	Э/Д по Армали	Э/Д при оценке ОСТ RTVue-100	MD HFA II (дБ)	Периферические границы поля зрения
I	0,5–0,6	0,5–0,67	до -6,0	нормальные
II	0,7–0,8	0,68–0,8	-6,01 – -12,0	сужены с носовой стороны (при сохранности >15°)
III	0,9	0,81–0,9	-12,01 – -20,0 и хуже	сужены с носовой стороны (при сохранности <15° хотя бы в одном из меридианов)

Для этого, кроме отечественной классификации [16], мы использовали новую классификацию В.В. Волкова (2005, 2007), во многом сходную с современной зарубежной классификацией ПОУГ R. Mills et al. (2006) [17-19]. В качестве диагностических критериев при дискотметрии использовали соотношение Э/Д по Армали, сопоставляя его у всех больных с ПОУГ с данными морфометрической оценки ДЗН оптическим когерентным томографом (ОСТ RTVue-100). Кроме того, из результатов КП по Humphrey использовали глобальный индекс MD, а из данных кинетической периметрии — оценку состояния периферических границ поля зрения (табл. 1).

Сравнительному анализу между собой прежде всего подвергали данные 4 наиболее распространенных в нашей стране методов КП, которые выполняли на анализаторе поля зрения Humphrey Visual Field Analyzer II (HFA II) 745i (Германия-США), автоматическом периметре AP-1000 («Tomey», Германия), автоматическом статическом периграфе Периком (Российская Федерация) и микропериметре MP-1 («Nidek Technologies», Япония). Кроме того, в своей научно-исследовательской работе (НИР) для сравнительной оценки мы также использовали результаты двух методов КП, разработанных на кафедре офтальмологии Военно-медицинской академии им. С.М. Кирова, а именно технологии периметрии с удвоением пространственной частоты (FDT-периметрии) [20-24] и метода исследования мультифокальных зрительных вызванных потенциалов (мфЗВП) [25]. Все сравниваемые нами методы КП относятся к пороговой периметрии, кроме метода исследования мфЗВП и периметрии на отечественном периграфе Периком, которые являются надпороговыми методами статической периметрии.

Учитывая большой объем исследований, был определен следующий порядок обследования для каждого испытуемого:

- 1 визит — стандартное офтальмологическое обследование и Периком-периметрия;
- 2 визит — HFA II-периметрия и FDT-периметрия;
- 3 визит — AP1000-периметрия, стереоофтальмоскопия и ОСТ;
- 4 визит — микрофундуспериметрия;
- 5 визит — исследование мфЗВП.

С целью изучения вариабельности результатов (test-retest) каждый метод КП выполняли дважды (повторный тест — через 30 мин. после первого исследования), кроме микрофундуспериметрии и оценки мфЗВП, учитывая большую длительность этих исследований.

При сравнительном анализе данных 6 методов КП в качестве «золотого» стандарта мы, как и большинство зарубежных ученых, приняли результаты периметрии, полученные с помощью пороговой программы «Central 24-2» (предъявляется 56 объектов) на анализаторе поля зрения HFA II. При выполнении данной НИР мы руководствовались тем, чтобы площадь ЦПЗ, измеряемая в градусах от точки фиксации и исследуемая с помощью каждого из 6 сравниваемых компьютерных периметров, значительно не отличалась от площади ЦПЗ, тестируемого при использовании пороговой программы «Central 24-2» периметра HFA II.

Диагностическую эффективность оценивали на основе изучения уровней чувствительности и специфичности результатов каждого из 6 сравниваемых методов КП. В соответствии с данными отечественной и зарубежной литературы, степень пересечения кривых вероятностных функций распределения между группами здоровых и больных глаукомой оценивали с помощью кривых «чувствительность — специфичность». Чувствительность — это относительная частота отнесения истинно больного к классу больных. Специфичность — это относительная частота отнесения истинно здорового к классу здоровых [26, 27].

Для обработки полученных данных использовали статистические методы оценки результатов, основанные на одномерной описательной статистике, корреляционном и регрессионном анализе. Методы многомерной статистики включали многофакторный корреляционный и регрессионный анализы, дисперсионный и дискриминантный анализы, а также тест Wilcoxon для парных выборок с небольшим количеством наблюдений [26]. Учитывая большой объем выполненных исследований и большое количество полученных данных, часть которых находится еще в процессе статистической обработки, для данной публикации из общей совокупности была сформирована исследовательская выборка (табл. 2).

Материал исследовательской выборки

Группы	Число глаз	Э/Д	ВГД	Острота зрения
ПОУГ I стадии	20	0,57±0,12	27,7±4,2	0,9±0,1
ПОУГ II стадии	10	0,71±0,11	28,8±6,4	0,8±0,2
ПОУГ III стадии	13	0,87±0,06	29,5±5,9	0,7±0,2
Здоровые	24	0,23±0,07	19,8±1,6	1,0
Всего	67	–	–	–

Сравнение технических характеристик периметров HFA II и AP1000

Характеристики	HFA II (модель 720, 740, 745, 750)	AP1000
Стратегия	скрининговая, пороговая, кинетическая	скрининговая, пороговая, бинокулярная
Размеры стимула	Goldman I-V	Goldman III
Поле зрения (от точки фиксации)	до 80°	до 50°
Диапазон яркости стимула	0–3185 кд/м ² (10 000 асб)	0,1–318 кд/м ² (1000 асб)
Цвет пятна стимуляции	видимый свет (белый)	видимый свет (белый)
Яркость стимула	от 0,08 до 10 000 асб	от 0,03 до 1000 асб
Фоновое освещение	31,5 асб	10 асб
Методы контроля фиксации взгляда	1. видеоконтроль 2. по Heijl-Krakau	1. видеоконтроль 2. по Heijl-Krakau
Дополнительные порты	дисковод 1,44 (в модели HFA II-i – USB)	USB

Результаты и обсуждение

Сравнительный анализ данных компьютерных периметров AP1000, Периком, FDT-периметрии и анализатора поля зрения HFA II

Как в отечественной, так и зарубежной литературе мы не нашли ни одной статьи, посвященной оценке периметрии, выполненной с помощью периметров фирмы «Томеу» (AP1000, AP2000 или AP3000).

Автоматический периметр AP1000 значительно отличается от анализатора поля зрения HFA II величиной фонового освещения и соответственно — диапазоном яркости стимула, который к тому же только одного размера (табл. 3).

Разработчиками периметра AP1000 предлагаются скрининговая, пороговая стратегии и, что является отличным от периметра HFA II, бинокулярная стратегия и стратегия с мерцающим стимулом (flicker) «белый объект на белом фоне». К использованию предлагаются 8 тестов. Еще одним отличием является возможность для исследователя самостоятельного создания тестов. Так,

помимо стандартных тестов, данный компьютерный периметр обеспечивает возможность установки новых программ обследования или изменения параметров уже имеющихся программ, например, в виде увеличения или уменьшения количества тестируемых точек ЦПЗ.

Оценка результата теста производится с помощью большего количества распечаток по сравнению с анализатором поля зрения HFA II. Для анализа данных, как и в периметре HFA II, имеется Grey scale — шкала оттенков серого цвета, благодаря которой результат предьявляется в виде карты в градациях серого цвета. Распечатка результата исследования поля зрения на периметре AP1000 по принципу своего построения сходна с аналогичной распечаткой периметра HFA II. Результат предьявляется с учетом вероятности встречаемости каждой скотомы в популяции здоровых людей соответствующего возраста, отдельно вынесен результат тестирования в области слепого пятна. В отличие от периметра HFA II в приборе AP1000 имеется Color scale — цветная шкала, благодаря которой состояние светочувствительности сетчатки может быть

Сравнение технических характеристик периметров HFA II и Периком

Характеристики	HFA II (модель 720, 740, 745, 750)	Периком
Стратегия	скрининговая, пороговая, кинетическая	надпороговая
Размеры стимула	Goldman I-V	Goldman III
Поле зрения (от точки фиксации)	до 80°	до 90°
Диапазон яркости стимула	0–3185 кд/м ² (10000 асб)	0,1-1000 кд/м ² (3000 асб)
Цвет пятна стимуляции	видимый свет (белый)	видимый свет (зеленый)
Яркость стимула	от 0,08 до 10000 асб	от 0,3 до 3000 асб
Фоновое освещение	31,5 асб	4,7 асб
Методы контроля фиксации взгляда	1. видеоконтроль 2. по Heijl-Krakau	по Heijl-Krakau
Дополнительные порты	дискковод 1,44 (в модели HFA II-i – USB)	USB

представлено в виде диаграммы в условной цветовой гамме и предьявляться в формате 3D, изображая трехмерную картину зрительного холма пациента, основанную на анализе его вариаций по сравнению с нормой. Состояние светочувствительности сетчатки каждого глаза конкретного пациента также может быть представлено графически в виде кривой Бебье, построенной на основе сравнения полученных данных со значениями возрастных нормальных отклонений.

Для того чтобы площадь исследуемого ЦПЗ значительно не отличалась от площади ЦПЗ, тестируемого при использовании пороговой программы «Central 24-2» периметра HFA II, в периметре AP1000 был выбран пороговый тест «Central 22», в котором исследуется ЦПЗ на протяжении 22° от точки фиксации с предьявлением 96 объектов [28].

Первый отечественный автоматический статический периграф Периком был разработан НПКФ ВНИИМП-«Оптимед» и с 1997 г. разрешен Минздравом РФ для применения в медицинской практике. В современной офтальмологической литературе мы не нашли ни одной статьи, посвященной сравнительной оценке результатов периметрии, выполняемых нами по диагностической эффективности современных компьютерных периметров, в том числе и анализатора поля зрения HFA II.

Периметр Периком существенно отличается от анализатора поля зрения HFA II как величиной фонового освещения, так и диапазоном яркости стимула, а также цветом пятна стимуляции (табл. 4).

Метод относится к надпороговой периметрии, т.к. автоматически в нескольких точках исследуется порог индивидуальной светочувствительности сетчатки испытуемого при предьявлении зеленого

стимула на темно-сером фоне, после чего для тестирования ЦПЗ используется надпороговый стимул. Порядок и особенности работы на этом периметре хорошо известны офтальмологам РФ [29]. Для того чтобы площадь исследуемого ЦПЗ на периметре Периком значительно не отличалась от площади ЦПЗ, тестируемого при использовании пороговой программы «Central 24-2» периметра HFA II, мы выбрали программу «Центральное зрение», в которой исследуется ЦПЗ на протяжении 25° от точки фиксации с предьявлением 128 объектов.

В 1997 г. в США на основе идеи австралийского ученого T.L. Maddess, который предложил использовать описанный еще в 1966 г. D.H. Kelly феномен зрительной иллюзии удвоения частоты (frequency doubling illusion), возникающий у человека в норме, если низкую пространственную частоту подвергнуть контрфазному мельканию с высокой временной частотой, для ранней диагностики глаукомы, был разработан новый метод Frequency Doubling Technology Perimetry — периметрии с удвоением пространственной частоты (FDT-периметрии). Во многом благодаря исследовательским работам американского ученого С.А. Johnson новый метод периметрии вошел в широкую клиническую практику за рубежом и до сих пор является наиболее распространенным в мире скринингом на глаукому. Полагают, что FDT-периметрия исследует преимущественно магносистему зрительно-нервного пути и в большей степени функцию Му-клеток, которые осуществляют нелинейный путь передачи зрительной информации и отвечают за восприятие движения и смены контраста, обеспечивая, в том числе, и возникновение в норме у человека описанной выше зрительной иллюзии. Вследствие малого количества, крупных размеров, толстых аксонов,

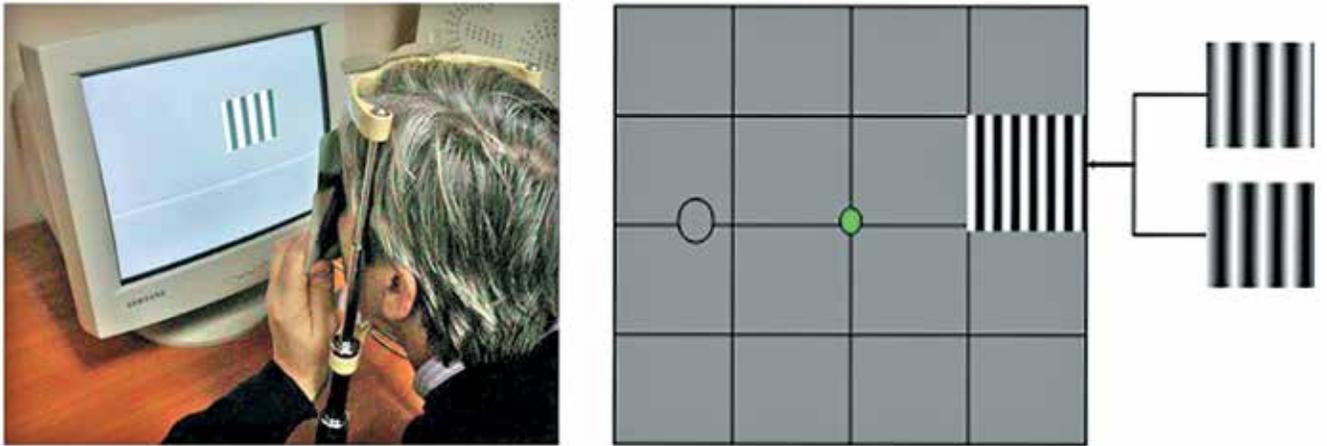


Рис. 1. Представлены процесс разработанной FDT периметрии (на фото слева) и схема тестируемого центрального поля зрения в пределах 40° (на фото справа) с указанием точки фиксации, проекции слепого пятна и стимула в одном из 4-х носовых квадратов для левого глаза

Таблица 5

Сравнение технических характеристик периметра HFA II и FDT-периметрии в нашей модификации

Характеристики	HFA II (модель 720, 740, 745, 750)	FDT-периметрия
Стратегия	скрининговая, пороговая, кинетическая	скрининговая, пороговая
Размеры стимула	Goldman I-V	черно-белый решетчатый стимул синусоидального профиля размером 10×10°
Поле зрения (от точки фиксации)	до 80° градусов	до 20°
Диапазон яркости стимула	0–3185 кд/м ² (10 000 асб)	0,055–79,5 кд/м ² (250 асб)
Цвет пятна стимуляции	видимый свет (белый)	видимый свет (белый, серый и черный)
Яркость стимула	от 0,08 до 10 000 асб	от 0,17 до 250 асб (плавное нарастание контраста в течение 20 секунд)
Фоновое освещение	31,5 асб	130 асб
Методы контроля фиксации взгляда	1. видеоконтроль 2. по Heijl-Krakau	авторский способ
Дополнительные порты	дисковод 1,44 (в модели HFA II-i – USB)	дисковод 1,44, USB, CD, сетевой порт

больших и реже перекрывающихся рецептивных полей полагают, что эти клетки при глаукоме страдают в первую очередь [20].

На базе кафедры офтальмологии Военно-медицинской академии совместно с учеными кафедры прикладной математики Санкт-Петербургского государственного политехнического университета впервые в России была разработана модификация FDT-периметрии в виде программного продукта (рис. 1) в пороговом (2003 г.) и скрининговом (2007 г.) вариантах [22-24]. Основные отличия по техническим характеристикам анализатора поля зрения HFA II и FDT-периметрии в нашей модификации представлены в табл. 5.

Главным отличием нашей модификации от оригинального метода FDT-периметрии является плавное нарастание контраста по всей площади стимула как в скрининговом, так и пороговом тесте, что делает его, как было доказано путем сравнения результатов обоих методов, более чувствительным в диагностике начальной глаукомы. Другое важное отличие разработанного нами метода заключается в предъявлении стимула не только в случайном порядке, но и при переменной, а именно вертикальной либо горизонтальной ориентации решеток синусоидального профиля, что выполняется для исключения ложноположительных ответов и для объективизации исследования [21, 24].

Как было отмечено выше, благодаря предварительному выбору тестов площадь ЦПЗ, измеряемая в градусах от точки фиксации и исследуемая с помощью каждого из 4-х описанных выше компьютерных периметров (AP1000 — 22°; Периком — 25°; FDT — 20°), значительно не отличалась от площади ЦПЗ, тестируемого при использовании пороговой программы «Central 24-2» анализатора поля зрения HFA II — 24°. Однако по количеству предъявляемых объектов, а следовательно, исследуемых точек ЦПЗ, все выбранные нами тесты значительно отличались, а именно: 56 объектов предъявляются в тесте периметра HFA II, 96 — в программе периметра AP1000 и 128 — в тесте периграфа Периком.

Для получения корректных результатов при сравнительной оценке состояния светочувствительности сетчатки, исследуемого 4 различными по ряду характеристик используемого стимула и фонового освещения методами КП, ЦПЗ, тестируемое на периметрах HFA II, AP1000 и Периком, было условно разделено на участки, соответствовавшие по площади и локализации 16 квадратам (каждый размерами 10×10°) ЦПЗ, исследуемого FDT-периметрией. Таким образом, сравнивалось количество и локализация квадратов со скотомами, иными словами, квадратов в ЦПЗ, пораженных глаукомой и выявленных каждым из 4-х методов КП.

Уровни чувствительности и специфичности результатов 4-х методов КП

Метод периметрии	Чувствительность (%)	Специфичность (%)
HFA II	81	79
FDT	84	96
AP1000	76	71
Периком	74	88

Для расчета уровней чувствительности и специфичности результатов каждого из сравниваемых методов КП применили метод дискриминантного анализа. В качестве анализируемых признаков использовали:

- 1) количество квадратов (10×10°) со скотомами;
- 2) значение глобальных индексов (MD для HFA II и FDT, AD для AP1000).

Как видно из табл. 6, наиболее эффективным методом по этим двум важным показателям — чувствительность и специфичность, обязательно использующимся в оценке любого диагностического метода, является FDT-периметрия. Кроме того, уровень чувствительности данных отечественного

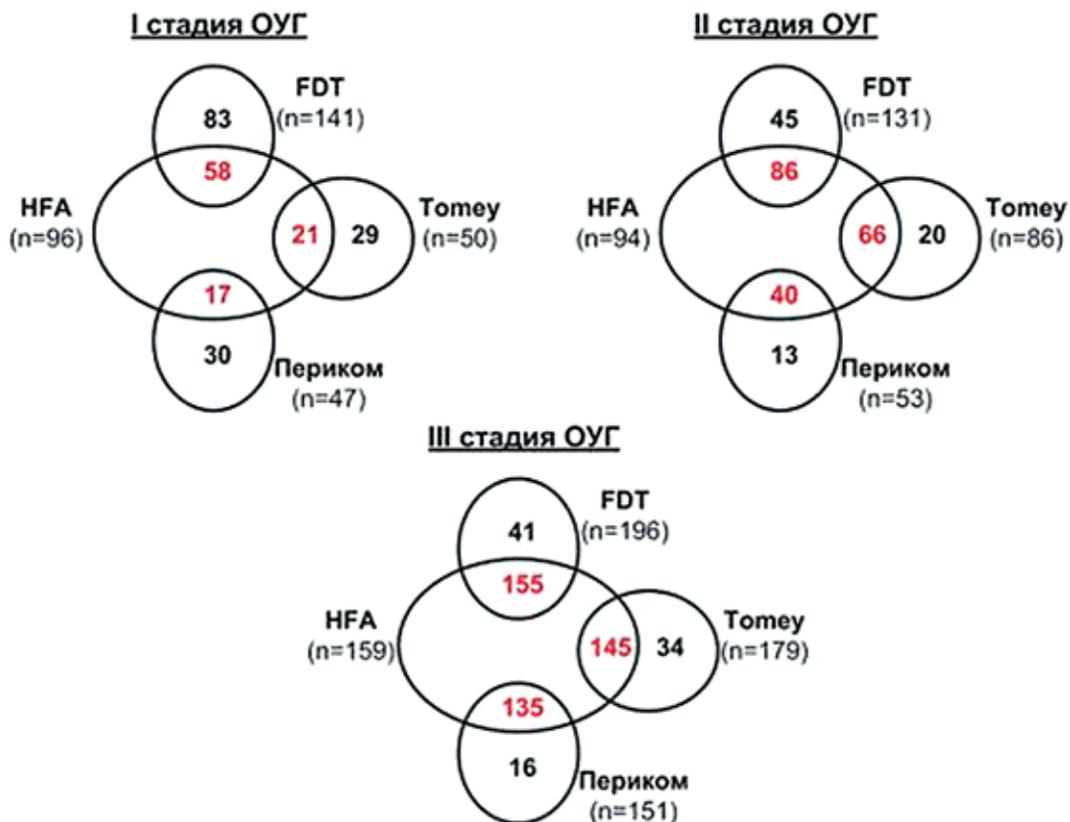


Рис. 2. Частота положительных результатов каждого из 4-х сравниваемых методов КП у больных с ПОУГ (43 глаза), где n — количество квадратов в ЦПЗ (размерами 10×10°) со скотомами

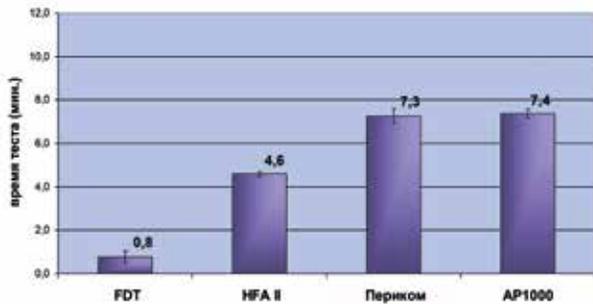


Рис. 3. Среднее время тестирования здоровых испытуемых

надпорогового периграфа Периком оказался ненамного ниже, а уровень специфичности — даже выше по сравнению с аналогичными показателями порогового периметра AP1000. В этой связи следует отметить, что уровень чувствительности в данном случае рассчитывали по результатам пациентов с ПОУГ всех трех стадий (табл. 2).

Полученные нами данные наглядно иллюстрируют (рис. 2) рекомендацию международных экспертов использовать для диагностики глаукомы, особенно ее начальной стадии, несколько методов статической периметрии [5].

Как видно из рис. 2, при начальной глаукоме (20 глаз) наибольшее число совпадений по локализации выявленных квадратов со скотомами в ЦПЗ с данными периметра HFA II получили при FDT-периметрии (58 квадратов) по сравнению с периметрами AP1000 (21 квадрат) и Периком (17 квадратов). А по общему количеству выявленных квадратов со скотомами в ЦПЗ FDT-периметрия в нашей модификации даже несколько опередила периметр HFA II (141 и 96 квадратов соответственно), что свидетельствует о более высоком уровне чувствительности ее данных. Худший результат как по количеству выявленных квадратов со скотомами, так и по частоте их совпадения с данными периметра HFA II при начальной глаукоме показал отечественный периграф Периком, что было ожидаемым и объясняется тем, что данный прибор относится к надпороговым периметрам. Во II и тем более III стадии глаукомы частота совпадений по локализации пораженных глаукомой квадратов ЦПЗ с данными HFA II увеличилась в результатах всех 3-х сравниваемых периметров, но и в этих случаях более чувствительным методом оказалась FDT-периметрия (рис. 2).

Как отмечалось выше, международные эксперты рекомендуют для выявления глаукомы и оценки ее прогрессирования исследовать как структурные, так и функциональные изменения ДЗН [4]. По данным всех больных с ПОУГ из исследовательской выборки, корреляционная связь между глобальными индексами (MD для HFA II и FDT, AD для AP1000) и размером экскавации ДЗН оказалась отрицательной сильной по результатам периметра HFA II ($r=-0,81$, $p=0,008$) и отрицательной умеренной

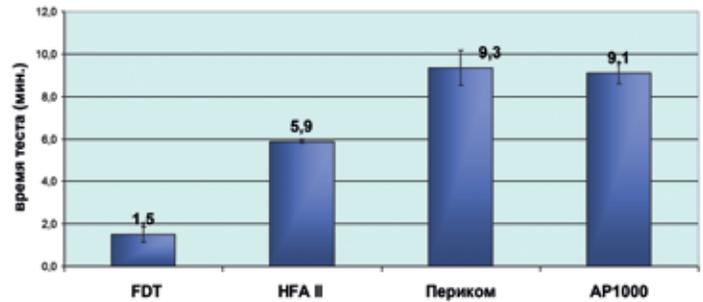


Рис. 4. Среднее время тестирования больных с ПОУГ

по результатам FDT-периметрии и периметра AP1000 ($r=-0,61$, $p=0,03$ и $r=-0,56$, $p=0,04$ соответственно).

При анализе данных хронометрии самым быстро выполняемым методом из 4-х сравниваемых методов КП оказалась FDT-периметрия — длительность тестирования одного глаза составила всего лишь $0,8 \pm 0,3$ мин. для здоровых испытуемых и $1,5 \pm 0,04$ мин. для больных с ПОУГ. Самыми длительными методами в исследовании одного глаза из 4-х сравниваемых методов КП оказалась периметрия, выполненная с помощью приборов Периком и AP1000 ($7,3 \pm 0,3$ мин. и $7,4 \pm 0,2$ мин. соответственно у здоровых лиц; $9,3 \pm 0,3$ мин. и $9,1 \pm 0,4$ мин. соответственно у больных с ПОУГ). Среднее время тестирования одного глаза с помощью «золотого» стандарта периметрии — анализатора поля зрения HFA II у здоровых испытуемых и больных с ПОУГ составило $4,6 \pm 0,1$ мин. и $5,9 \pm 0,2$ мин. соответственно (рис. 3, 4).

По данным табл. 7 можно утверждать, что результаты повторных периметрических исследований демонстрируют хотя и слабую, но очевидную тенденцию к улучшению показателей. Не вызывает сомнения, что отмеченное улучшение периметрических показателей происходит благодаря эффекту обучения испытуемых. В частности, в табл. 7 прослеживается некоторое уменьшение количества ошибок фиксации взгляда в результатах повторных исследований, выполненных на периметрах HFA II и AP1000, а в повторных результатах HFA II — уменьшение и ложноположительных ошибок.

Из всех оцениваемых в табл. 7 показателей только индекс MD FDT-периметрии достоверно улучшился ($p=0,04$) в результатах повторных исследований, а глобальные индексы периметров HFA II (MD) и AP1000 (AD) при повторном исследовании у части больных даже несколько ухудшились. Кроме того, данные FDT-периметрии характеризовались наименьшей вариабельностью повторных результатов (табл. 7).

Эффект обучения, бесспорно, присутствовал у большинства испытуемых при повторении теста даже через 30 минут отдыха, который предоставлялся всем испытуемым, вошедшим в исследовательскую выборку (табл. 2). Но вместе с тем

Вариабельность результатов (test-retest) повторных тестов ($M \pm m$)

Метод периметрии	MD1 (AD1)	MD2 (AD2)	Ошибки фиксации 1 (%)	Ошибки фиксации 2 (%)	Ложнополож. ошибки 1 (%)	Ложнополож. ошибки 2 (%)
HFA II	-6,9±1,4	-8,5±1,3*	14±3,5	13,9±3,2*	3,2±0,6	2,7±0,5*
AP1000	-0,1±0,8	-0,3±0,7*	20,3±3,3	18,7±3,1*	4,2±1,5	4,8±1,4*
FDT	-0,24±0,03	-0,23±0,04**	–	–	–	–

Примечание: * — $p > 0,05$; ** — $p < 0,05$.

появлялся и эффект усталости, который отмечали практически все испытуемые после выполнения периметрических тестов, исключением в большинстве случаев была FDT-периметрия в силу простоты и скорости ее выполнения. Эффект усталости может снижать точность и достоверность результатов повторного исследования, а его выраженность во многом определяется длительностью выполнения теста. Так, для тестирования обоих глаз больных с ПОУГ с помощью анализатора поля зрения HFA II в среднем потребовалось от 8 до 16 мин., периграфа Периком — от 14 до 26 мин., периметра AP1000 — от 12 до 34 мин., а при FDT-периметрии — всего лишь от 2,5 до 4 мин., что, безусловно, способствовало наименьшей вариабельности ее повторных результатов.

Определение рейтингового места каждому из 6 сравниваемых методов периметрии выполняли сами испытуемые, оценивая (в специально разработанной анкете) простоту метода для собственного понимания и комфортность при его выполнении. В группе больных с ПОУГ 95% пациентов 1 место по данным критериям определили FDT-периметрии, 2 место (58% больных) — компьютерному анализатору поля зрения HFA II, 3 место (63% пациентов) — периграфу Периком и 4 место (74% больных) — периметру AP1000.

В группе здоровых лиц в соответствии с указанными выше критериями 83% испытуемых 1 место определили также FDT-периметрии. Но 2 место, в отличие от группы больных ПОУГ, большинством голосов (58%) было отдано отечественному периграфу Периком, 3 место (67% испытуемых) — периметру HFA II, а 4 место, как и при опросе больных с ПОУГ, но более единодушно (100%), было определено периметру AP1000.

Заключение

Все 4 метода КП, представленные в статье (часть 1) для сравнения, при оценке их эффективности в диагностике ПОУГ (I, II и III стадий) по уровню чувствительности (более 70%) и специфичности (более 70%) оказались достаточно эффективными. Относительно новый метод FDT-периметрии по сравнению с «золотым» стандартом в исследовании поля

зрения — периметрией с помощью компьютерного анализатора поля зрения HFA II — по уровню чувствительности был не хуже (84 и 81% соответственно), а по уровню специфичности (96 и 79% соответственно) значительно лучше второго. Кроме того, FDT-периметрия по сравнению со всеми другими методами КП оказалась самой быстрой по времени тестирования, а по оценке самих испытуемых как здоровых, так и больных глаукомой — самой простой и комфортной при выполнении.

Данные отечественного надпорогового периметра Периком показали достаточно хороший уровень чувствительности (74%), но преимущественно за счет исследований больных глаукомой продвинутых (II и III) стадий ПОУГ. Высокий уровень специфичности (88%) его результатов, возможно, объясняется тем, что зеленый стимул легче заметить на темно-сером, чем белый стимул на белом фоне, что также способствовало определению 2 рейтингового места для периметра Периком в группе здоровых испытуемых.

Периметр AP1000, показав достаточно высокий уровень чувствительности (76%), несколько уступил по уровню специфичности (71%) результатов исследований ЦПЗ всем 3 представленным в статье (часть 1) для сравнения методам КП (HFA II, FDT и Периком). Но начальная глаукома с помощью данного порогового периметра подтверждалась чаще, чем с использованием отечественного периграфа Периком. По времени тестирования одного глаза практически не отличаясь от периметра Периком, AP1000 оказался более сложным при исследовании ЦПЗ по оценке большинства испытуемых и занял 4 рейтинговое место.

Учитывая наличие эффекта обучения, приводящего к улучшению ряда показателей в повторных результатах всех 4-х сравниваемых нами методов КП, необходимо повторять, а в сомнительных случаях несколько раз выполнять статическую периметрию. Но, принимая во внимание эффект утомления, возникший у большинства наших испытуемых, несмотря на 30-минутный отдых после выполнения первого периметрического теста, и отрицательно повлиявший в части случаев на точность и достоверность данных повторного теста, на наш взгляд, целесообразно повторять исследование ЦПЗ с помощью

КП на следующий день, исключением является FDT-периметрия. Дальнейшее выполнение нашей научно-исследовательской работы мы продолжали уже в соответствии с этой рекомендацией.

Окончание в следующем номере

Литература/References

- Либман Е.С. Эпидемиологическая характеристика глаукомы. *Глаукома* 2009; (1 прилож.):2-3. [Liebman E.S. Epidemiological characteristics of glaucoma. *Glaucoma* 2009; (1 Suppl):2-3. (In Russ.).]
- Волков В.В. Глаукома при псевдонормальном давлении. М.: Медицина, 2001; 349. [Volkov V.V. Glaucoma pri psevdonormal'nom davlenii [Pseudonormal tension glaucoma] Moskva: Meditsina Moscow: Medicine; 2001. 349 p. (In Russ.).]
- Еричев В.П. Комбинированная терапия глаукомы. *Глаукома* 2009; (1 прилож.):7-8. [Erichiev V.P. Combination therapy of glaucoma. *Glaucoma* 2009; (1 Suppl):7-8. (In Russ.).]
- Weinreb R., Greve E., eds. Glaucoma diagnosis: structure and function: the 1th consensus report of the world glaucoma association. Amsterdam, the Netherlands: Kugler Publications; 2004; 162 p.
- Weinreb R., Greve E., eds. Progression of Glaucoma: the 8th consensus report of the world glaucoma association. Amsterdam, the Netherlands: Kugler Publications, 2011; 170 p.
- Волков В.В. Глаукома открытоугольная. М.: МИА 2008; 347. [Volkov V.V. Glaukoma otkrytougol'naya [Open-angle glaucoma]. Moskva: Medicinskoie informacionnoe agentstvo. Moscow: Medical information agency; 2008; 347 p. (In Russ.).]
- Волков В.В. О стандартах для оценки наличия, течения и лечения глаукомы по рекомендациям экспертов Международной ассоциации глаукомных обществ (часть 1). *Национальный журнал глаукома* 2012; 2:60-64. [Volkov V.V. On the standards for an assessment of existence, course and treatment of glaucoma according to recommendations of experts of the International association of glaucoma societies (part I). *Natsional'nyi zhurnal glaukoma* 2012; 2:60-64. (In Russ.).]
- Волков В.В. О стандартах для оценки наличия, течения и лечения глаукомы по рекомендациям экспертов Международной ассоциации глаукомных обществ (часть 2). *Национальный журнал глаукома* 2012; 3:48-52. [Volkov V.V. On the standards for an assessment of existence, course and glaucoma treatment according to recommendations of experts of the International association of glaucoma societies (part 2). *Natsional'nyi zhurnal glaukoma* 2012; 3:48-52. (In Russ.).]
- Куроедов А.В., Городничий В.В. Компьютерная ретиномография (HRT): диагностика, динамика, достоверность. М.: Издательский центр МНТК «Микрохирургия глаза» 2007; 236. [Kuroedov A.V., Gorodnichii V.V. Komp'yuternaya retinotomografiya (HRT): diagnostika, dinamika, dostovernost' [Computerized Retinotomography (HRT): diagnosis, dynamics, reliability]. Moskva: Izdatel'skii tsentr MNTK «Mikrokhirurgiya glaza». Moscow: Publishing Center of IRTC «Eye Microsurgery»; 2007; 236 p. (In Russ.).]
- Нестеров А.П., Романова Т.Б., Алябьева Ж.Ю. Мониторинг поля зрения — основное звено диспансеризации больных глаукомой. Всероссийская школа офтальмолога, 5-я: Материалы. М.; 2006; 178-187. [Nesterov A.P., Romanova T.B., Alyab'eva Zh.Yu. Monitoring the visual field — the main link in the clinical examination of patients with glaucoma. All-Russ. School of an ophthalmologist, 5th: Materials. Moscow; 2006; 178-187. (In Russ.).]
- Fankhauser F., Koch P., Roulier A. On automation perimetry. *Graefes Arch Clin Exp Ophthalmol* 1972; 184(2):126-150. doi: 10.1007/bf02390260.
- Heijl A. Studies on computerized perimetry. *Acta Ophthalmol Scand Suppl* 1977; 55(S132):40-42. doi: 10.1111/j.1755-3768.1977.tb01334.x.
- Krakau C. Aspects on the design of automated perimeter. *Acta Ophthalmol Scand Suppl* 1978; 56(3):389-405. doi: 10.1111/j.1755-3768.1978.tb05692.x.
- Bengtsson B., Heijl A. SITA Fast, a new rapid perimetric threshold test: description of methods and evaluation in patients with manifest and suspect glaucoma. *Acta Ophthalmol Scand* 1998; 76(4):431-437. doi: 10.1034/j.1600-0420.1998.760408.x.
- Карушин О.И. Роль компьютерной периметрии в оценке зрительного анализатора у пациентов с первичной нестабилизированной глаукомой. *Глаукома* 2006; 2:29-33. [Karushin O.I. The role of the computer perimetry in the estimation of the visual analyzer in patients with an initial instabilized glaucoma. *Glaucoma* 2006, 2:29-33. (In Russ.).]
- Нестеров А.П., Бунин А.А. О новой классификации первичной глаукомы. *Вестн. офтальмологии* 1977; 5:38-43. [Nesterov A.P., Bunin A.A. New classification of primary glaucoma. *Vestn Oftalmol* 1977; 5:38-43. (In Russ.).]
- Волков В.В. Типичные для открытоугольной глаукомы структурно-функциональные нарушения в глазу — основа для построения ее современной классификации. *Вестн. офтальмологии* 2005; 121(4):35-39. [Volkov V.V. Typical open-angle glaucoma structural and functional abnormalities in the eye — the basis for the construction of its modern classification. *Vestn Oftalmol* 2005; 121(4):35-39. (In Russ.).]
- Волков В.В. Дополнительное обоснование предлагаемой для обсуждения классификации открытоугольной глаукомы на основе представлений о патогенезе ее прогрессирования. *Вестн. офтальмологии* 2007; 123(4):40-45. [Volkov V.V. Additional rationale for the open-angle glaucoma classification to be discussed, by using the concepts of the pathogenesis of its progression. *Vestn Oftalmol* 2007; 123(4):40-45. (In Russ.).]
- Mills R., Budenz D., Lee P. Categorizing the stage of glaucoma from pre-diagnosis to end-stage disease. *Am J Ophthalmol* 2006; 141(1):24-30. doi: 10.1016/j.ajo.2005.07.044.
- Симакова И.Л., Волков В.В., Бойко Э.В., Клавдиев В.Е. Создание метода периметрии с удвоенной пространственной частотой за рубежом и в России. *Глаукома* 2009; 2:15-21. [Simakova I.L., Volkov V.V., Boiko E.V. Creation of the method of frequency-doubling technology perimetry: an international and Russian experience. *Glaucoma* 2009; 2:15-21. (In Russ.).]
- Симакова И.Л., Волков В.В., Бойко Э.В. Сравнение результатов разработанного метода периметрии с удвоенной пространственной частотой и оригинального метода FDT-периметрии. *Глаукома* 2010; 1:5-11. [Simakova I.L., Volkov V.V., Boiko E.V. The results of developed method of frequency-doubling technology (FDT) perimetry in comparison with the results of the original FDT-perimetry. *Glaucoma* 2010; 1:5-11. (In Russ.).]
- Бойко Э.В., Симакова И.Л., Кузьмичева О.В., Мечетин А.А., Целомудрый А.И., Филина Е.В. Высокотехнологичный скрининг на глаукому. *Воен.-мед. журн.* 2010; 331(2):23-26. [Boiko E.V., Simakova I.L., Kuz'micheva O.V., Mechetin A.A., Tselomudryi A.I., Filina E.V. High-technological screening for glaucoma. *Voennomeditsinskii Journal* 2010; 331(2):23-26. (In Russ.).]
- Симакова И.Л. Периметрия с удвоенной пространственной частотой как основа мониторинга диспансерного наблюдения больных с глаукомой. *Вестн. Рос. воен.-мед. акад.* 2010; 3(31):67-70. [Simakova I.L. Frequency doubling technology perimetry as the basis for regular monitoring of patients with glaucoma. *Vestn. Ros. voen.-med. akad.* 2010; 3(31):67-70. (In Russ.).]
- Симакова И.Л. Периметрия с удвоенной пространственной частотой как основа скрининга на глаукому и мониторинга глаукоматозного процесса. Дис. доктора мед. наук. 2011. [Simakova I.L. Perimetriya s udvoennoi prostranstvennoi chastotoi kak osnova skringinga na glaukomu i monitoringa glaukomatoznogo protsessa. [Frequency Doubling Technology Perimetry as the basis for glaucoma screening and monitoring of glaucomatous process.] Diss. doktora med. nauk 2011. (In Russ.).]
- Соболев А.Ф. Зрительные вызванные потенциалы при оценке полей зрения в клинической практике. Дис. кандидата мед. наук. 2010. [Sobolev A.F. Zritel'nye vyzvannye potentsialy pri otsenke polei zreniya v klinicheskoi praktike. [Visual evoked potentials in the assessment of visual fields in a clinical practice.] Diss. kandidata med. nauk 2010. (In Russ.).]
- Юнкеров В.И., Григорьев С.Г. Математико-статистическая обработка данных медицинских исследований - 2-е изд. СПб.: ВМедА, 2005; 292. [Yunkеров V.I., Grigor'ev S.G. Matematiko-

- statisticheskaya obrabotka dannykh meditsinskikh issledovaniy — 2-e izd. [Mathematical and statistical processing of medical research data.]. Saint-Petersburg: VMeA Publ.; 2005; 292 p. (In Russ.).
27. Burnstein Y., Elish N., Magbalon M. Comparison of Frequency Doubling Perimetry with Humphrey visual field analysis in a glaucoma practice. *Am J Ophthalmol* 2000; 129(3):328-333. doi: 10.1016/s0002-9394(99)00364-5.
 28. Симакова И.Л., Сухинин М.В., Сердюкова С.А. Сравнительный анализ эффективности некоторых методов компьютерной периметрии в диагностике глаукомы. Глаукома: теория и практика. Всероссийская научно-практическая конференция: Материалы. СПб., 2012; 198-203. [Simakova I.L., Sukhinin M.V., Serdyukova S.A. Comparative analysis of the efficiency of some computerized perimetric methods in the diagnosis of glaucoma. Glaucoma: theory and practice. Materials of scientific-practical conference. Saint-Petersburg, 2012; 198-203. (In Russ.).]
 29. Давыдова Н.Г., Коломойцева Е.М., Малинина С.Л. Опыт клинического использования отечественного автоматического статического перифрафа «Периком». *Вестн. офтальмологии* 1997; 113(6):42-43. [Davydova N.G., Kolomoitseva Ye.M., Malinina S.L. Clinical use of Pericom — a Russian automated perigraph. *Vestn Oftalmol* 1997; 113(6):42-43. (In Russ.).]
 30. Шпак А.А., Качалина Г.Ф., Педанова Е.К. Сравнительное исследование микропериметрии и традиционной компьютерной периметрии в норме. *Вестн. офтальмологии* 2009; 125(3):31-33. [Shpak A.A., Kachalina G.F., Pedanova Ye.K. Comparative analysis of the results of microperimetry and conventional computerized perimetry in health. *Vestn Oftalmol* 2009; 125(3):31-33.
 31. Lima V.C., Prata T.S., De Moraes C.G., Kim J. et al. Comparison between microperimetry and standard achromatic perimetry of the central visual field in eyes with glaucomatous paracentral visual-field defects. *Br J Ophthalmol* 2010; 94(1):64-70. doi:10.1136/bjo.2009.159772.
 32. Odom J.V., Bach M., Brigell M. et al. ISCEV standard for clinical visual evoked potentials (2009 update). *Doc. Ophthalmol* 2010; 120 (1):111-119. doi 10.1007/s10633-009-9195-4.
 33. Baseler H., Sutter E., Kleis S., Carney T. The topography of visual evoked response properties across the visual field. *Electroencephalogr Clin Neurophysiol* 1994; 90(1):65-81. doi: 10.1016/0013-4694(94)90114-7.
 34. Еричев В.П., Петров С.Ю., Козлова И.В., Макарова А.С. и др. Современные методы функциональной диагностики и мониторинга глаукомы. Часть 1. Периметрия как метод функциональных исследований. *Национальный журнал глаукома* 2015; 14(2):75-81. [Erichiev V.P., Petrov S.Yu., Kozlova I.V., Makarova A.S. et al. Modern methods of functional diagnostics and monitoring of glaucoma. Part 1. Perimetry as a functional diagnostics method. *Natsional'nyi zhurnal glaukoma* 2015; 14(2):75-81. (In Russ.).]
 35. Еричев В.П., Петров С.Ю., Макарова А.С., Козлова И.В. и др. Современные методы функциональной диагностики и мониторинга глаукомы. Часть 2. Диагностика структурных повреждений сетчатки и зрительного нерва. *Национальный журнал глаукома* 2015; 14(3):72-79. [Erichiev V.P., Petrov S.Yu., Kozlova I.V., Makarova A.S. et al. Modern methods of functional diagnostics and monitoring of glaucoma. Part 2. Diagnosis of structural damage of the retina and optic nerve. *Natsional'nyi zhurnal glaukoma* 2015; 14(3):72-79. (In Russ.).]

Поступила 12.11.2015



Stormoff®
group of companies
+7 (495) 780 07 92

OCTOPUS 600 PULSAR периметрия

Информативный и быстрый метод для ранней диагностики глаукомы
Топография пространственной контрастной чувствительности
Чередование черно-белых стимулов с переменным контрастом и разрешением

HAAG-STREIT
DIAGNOSTICS