

Сравнительная оценка эффективности методов стандартной и нестандартной компьютерной периметрии при ранней диагностике глаукомы



И.Л. Симакова



А.Н. Куликов



С.А. Сердюкова



И.А. Тихоновская

ФГБВОУ ВПО «Военно-медицинская академия имени С.М. Кирова»
Министерства обороны Российской Федерации
ул. Боткинская, 21., Санкт-Петербург, 194044, Российская Федерация

РЕЗЮМЕ

Офтальмология. 2025;22(2):383-390

Цель: сравнить эффективность стандартной автоматизированной периметрии (САП) и двух методов нестандартной периметрии при диагностике начальной стадии первичной открытоугольной глаукомы (ПОУГ). **Пациенты и методы.** В исследовании участвовали 18 пациентов (32 глаза) с начальной стадией ПОУГ, 10 женщин, 8 мужчин, средний возраст которых составил $56,2 \pm 1,4$ года. В контрольную группу вошли 32 здоровых добровольца (32 глаза), средний возраст — $56,4 \pm 3,9$ года. Всем испытуемым, помимо стандартного офтальмологического обследования, выполняли САП (Octopus 900, пороговая стратегия «G TOP») и два метода нестандартной периметрии: периметрию с удвоением пространственной частоты — Frequency Doubling Technology (FDT) Perimetry (пороговые стратегии «FDT-16» и «FDT-64») в авторской модификации и Pulsar-периметрию (Octopus 600). Морфометрическую оценку диска зрительного нерва проводили при использовании стереоофтальмоскопии и ретино-томографии (Heidelberg Retina Tomograph 3 и RTVue FD-OCT). При помощи оптического когерентного томографа оценивали также показатели комплекса ганглиозных клеток сетчатки в макулярной области. **Результаты.** Оценив уровень чувствительности данных четырех сравниваемых стратегий («FDT-16», «FDT-64», «Pulsar» Octopus 600 и «G TOP» Octopus 900) у пациентов с начальной стадией ПОУГ по средним значениям индекса MD (87,1, 93,55, 54,84 и 80,65 %, соответственно) и количеству квадратов размерами $10 \times 10^\circ$ со скотомами в центральном поле зрения (90, 32, 98, 77, 51, 61 и 83, 87 % соответственно), получили, что данный показатель обеих пороговых стратегий FDT-периметрии на 7–15 % выше чувствительности Octopus 900 («G TOP») и почти в 2 раза выше чувствительности Octopus 600 («Pulsar»). Уровень специфичности результатов всех трех пороговых стратегий («FDT-16», «FDT-64» и «Pulsar») обоих методов нестандартной периметрии составил 100 %, а данных САП — 96,77 %. Корреляционная связь между значениями индекса MD и количеством квадратов со скотомами в центральном поле зрения по данным САП и всех трех пороговых стратегий двух методов нестандартной периметрии оказалась умеренной силы и статистически значимой. **Заключение.** Для ранней диагностики глаукомы целесообразно сочетание методов стандартной и нестандартной компьютерной периметрии. Обе стратегии FDT-периметрии по уровню чувствительности своих результатов имели значительное преимущество по сравнению с данными Pulsar-периметрии.

Ключевые слова: ранняя диагностика глаукомы, стандартная и нестандартная периметрия, FDT-периметрия, Pulsar-периметрия

Для цитирования: Симакова И.Л., Куликов А.Н., Сердюкова С.А., Тихоновская И.А. Сравнительная оценка эффективности методов стандартной и нестандартной компьютерной периметрии при ранней диагностике глаукомы. *Офтальмология*. 2025;22(2):383-390. <https://doi.org/10.18008/1816-5095-2025-2-383-390>

Прозрачность финансовой деятельности: никто из авторов не имеет финансовой заинтересованности в представленных материалах или методах.

Конфликт интересов отсутствует.



Comparative Evaluation of the Effectiveness of Standard and Non-standard Computer Perimetry Methods in the Early Diagnosis of Glaucoma

I.L. Simakova, A.N. Kulikov, S.A. Serdukova, I.A. Tikhonovskaya
S.M. Hiron Military Medical Academy
Botkinskaya str., 21, Saint Petersburg, 194044, Russian Federation

ABSTRACT

Ophthalmology in Russia. 2025;22(2):383–390

Purpose: to compare the effectiveness of standard automated perimetry (SAP) and two non-standard perimetry methods in the diagnosis of the early stage primary open-angle glaucoma (POAG). **Patients and methods.** The study involved 18 patients (32 eyes) with the early POAG, 10 women, 8 men (average age of 56.2 ± 1.4 years). The control group included 32 healthy people (32 eyes), (average age of 56.4 ± 3.9 years). In addition to the routine ophthalmic examination all subjects underwent SAP (Octopus 900, threshold strategy "G TOP") and two methods of non-standard perimetry — the author's own modification of Frequency Doubling Technology (FDT) Perimetry (threshold strategies "FDT-16" and "FDT-64") and Pulsar perimetry (Octopus 600). Morphometric assessment of the optic nerve head was performed using stereophthalmoscopy and retinotomography (Heidelberg Retina Tomograph 3 and RTVue FD-OCT). Optical coherence tomography was also used to assess the parameters of the retinal ganglion cell complex in the macular region. **Results.** Evaluating the sensitivity level of these 4 compared strategies ("FDT-16", "FDT-64", "Pulsar" Octopus 600 and "G TOP" Octopus 900) in patients with the early stage of POAG by mean MD index (87.1, 93.55, 54.84 and 80.65 % respectively) and by mean number of $10 \times 10^\circ$ squares with scotomas in the central visual field (90.32, 98.77, 51.61, and 83.87 % respectively) showed that both threshold FDT perimetry strategies were 7 to 15 % higher than the sensitivity of Octopus 900 ("G TOP") and almost 2 times higher than the sensitivity of Octopus 600 ("Pulsar"). The specificity level of all three threshold strategies ("FDT-16", "FDT-64" and "Pulsar") of both non-standard perimetry methods was 100 %, and specificity level of SAP was 96.77 %. The correlation between the values of the MD index and the number of squares with scotomas in the central visual field according to the SAP data and all three threshold strategies data of the two non-standard perimetry methods was moderate and statistically significant. **Conclusion.** For diagnosis of early POAG a combination of standard and non-standard computer perimetry methods is advisable. Both FDT perimetry strategies had a significant advantage in the sensitivity level of their results compared to Pulsar perimetry data.

Keywords: early diagnosis of glaucoma, standard and non-standard perimetry, FDT perimetry, Pulsar perimetry

For citation: Simakova I.L., Kulikov A.N., Serdukova S.A., Tikhonovskaya I.A. Comparative Evaluation of the Effectiveness of Standard and Non-standard Computer Perimetry Methods in the Early Diagnosis of Glaucoma. *Ophthalmology in Russia*. 2025;22(2): 383–390. <https://doi.org/10.18008/1816-5095-2025-2-383-390>

Financial disclosure: no author has a financial or property interest in any material or method mentioned.

There is no conflict of interests.

ВЕДЕНИЕ

Как известно, «золотым стандартом» традиционной периметрии «белое-на-белом» является периметрия, выполняемая с помощью приборов экспертного класса Humphrey или Octopus и поэтому получившая название стандартной автоматизированной периметрии (САП). Традиционная компьютерная периметрия выявляет изменения в поле зрения при гибели не менее 30–40 % ганглиозных клеток сетчатки (ГКС). В связи с этим появилась необходимость в разработке методов нетрадиционной или нестандартной компьютерной периметрии. Такое название эти методы периметрии получили благодаря специфической (нестандартной) природе своих стимулов, которые, как показали многочисленные научные исследования и офтальмологическая практика, способны выявлять поражение определенных субпопуляций ГКС, страдающих в самом начале развития первичной открытоугольной глаукомы (ПОУГ), что и объясняет более высокий уровень чувствительности результатов по сравнению с данными САП при ранней диагностике этого заболевания.

Самым первым методом нестандартной компьютерной периметрии стала разработка в 1978 году коротковолновой автоматизированной, или сине-желтой, периметрии — Short-Wavelength Automated Perimetry (SWAP), стимул которой оказался более чувствительным к ранним изменениям при глаукоме в кониоцеллюлярной системе. Однако практика показала, что синий стимул весьма чувствителен к нарушениям прозрачности хрусталика, что значительно снижает как специфичность результатов этого метода и приводит к ложному выявлению ПОУГ, так и достоверность результатов у пациентов с нередким сочетанием глаукомы и катаракты.

В последующем были разработаны методы, стимулами которых предназначалось выявлять ранние нарушения в магноцеллюлярном пути (дорсальном тракте) зрительной системы, который при глаукоме, по мнению многих ученых, страдает первым. Так, в 1983 году была создана компьютерная периметрия, улавливающая движение, а в 1997 году разработаны периметрия с технологией удвоения частоты — Frequency Doubling Technology (FDT) Perimetry, или FDT-периметрия, стимулом которой

оценивают степень нарушения зрительной иллюзии удвоения пространственной частоты, возникающей у человека в норме при условии контрфазного мелькания низкой пространственной частоты с высокой временной частотой, и прибор для ее выполнения. В Испании в 2000 году Гонсалесом де ла Росой и др. была разработана программа «Pulsar» для анализатора контрастной чувствительности Octopus 600, в которой используется мерцающий стимул в виде концентрических окружностей с разными уровнями контраста в противофазе, способный, в отличие от предыдущих методов, оценивать не только магноцеллюлярный, но и парвоцеллюлярный (вентральный тракт) путь зрительной системы. Одной из последних разработок является периметр для осуществления контурной периметрии — Heidelberg Edge Perimeter (2007), при выполнении которой, аналогично FDT-периметрии, используется стимул в виде зрительной иллюзии — серого контура по краю круга, создающегося мерцанием в противофазе фоновых изображений круга в виде черных и белых точек с высокой временной частотой [1–8].

За рубежом наиболее распространенным функциональным скринингом глаукомы является FDT-периметрия, которая более четверти века выполняется с помощью FDT-периметров уже двух поколений благодаря ее очевидным преимуществам, которыми являются более высокая не только чувствительность, но и специфичность полученных данных, что особенно важно при скрининге на глаукому, а также меньшая вариабельность повторных результатов, быстрота и простота выполнения по сравнению с САП [8–12]. К недостаткам можно отнести снижение достоверности результатов FDT-периметрии у пациентов при понижении остроты зрения ниже 0,5 вследствие катаракты и ниже 0,3 из-за возрастной макулярной дегенерации [7, 13]. По данным многих авторов, FDT-периметрия не только в ранней диагностике, но и при мониторинге глаукомы оказалась более чувствительной, чем САП [7, 14–18]. Гораздо меньше работ, в которых авторы отмечают, что FDT-периметрия по чувствительности все же несколько уступает данным САП, но все эти авторы подтверждают более высокую специфичность результатов этого метода нестандартной периметрии, что является очевидным преимуществом, особенно при массовом скрининге населения на глаукому, когда здоровые люди в силу высокой специфичности результатов FDT-периметрии не отсеиваются как ложно больные глаукомой [19–21].

На нашей кафедре под руководством профессора В.В. Волкова была разработана модификация этого метода, которая по уровню специфичности значительно превосходит, а по уровню чувствительности не уступает периметрии по Humphrey, что было подтверждено при ее широкой апробации в офтальмологических отделениях ряда военных госпиталей. В сравнительном исследовании скрининговый тест нашей модификации оказался более чувствительным в ранней диагностике глаукомы,

чем скрининговый тест зарубежного FDT-периметра первого поколения [7]. Профессор В.В. Волков полагал, что данная разработка претендует на роль эффективно-го, простого, быстро выполнимого и недорогого метода для проведения функционального скрининга глаукомы в нашей стране. В связи с этим на кафедре с 2021 по 2023 г. была успешно выполнена инициативная НИР на тему «Сравнительное исследование методов нестандартной и стандартной компьютерной периметрии у здоровых лиц и больных глаукомой с целью скрининга и ранней диагностики», в задачи которой входило усовершенствование нашей модификации FDT-периметрии для жидкокристаллических мониторов и адаптация ее к новому отечественному портативному автоматическому периметру «Stimulus», разработанному компанией ООО «Тотал Вижен» на базе собственной системы виртуальной реальности в 2017 году [22].

В Российской Федерации для выполнения нестандартной компьютерной периметрии в настоящее время доступен анализатор контрастной чувствительности Octopus 600, в котором имеется стратегия «Pulsar». В этой стратегии используется мерцающий стимул, который, как отмечали выше, позволяет оценивать и парвоцеллюлярный, и магноцеллюлярный тракт зрительного пути. Стимул размером 5 градусов состоит из двух изображений концентрических окружностей с разными уровнями контраста в фазе и противофазе, эти изображения сменяют друг друга с частотой 10 Гц, и в норме стимул воспринимается мерцающим (пульсирующим). Предъявляется стимул в центральном поле зрения (ЦПЗ) в пределах 20 градусов от точки фиксации в течение 500 мс, исследование проводят при остроте зрения не ниже 0,7. При поражении нейронов магно-системы, чувствительных к мерцанию, противофазовые изображения стимула воспринимаются как одно изображение, равное по яркости фону, и мерцание не определяется.

В стратегии «Pulsar» учитывается корреляция пороговых значений в соседних точках ЦПЗ, что сокращает время обследования почти на 80 %, поэтому ее выполнение так же, как и FDT-периметрии, по данным зарубежной литературы, отличается быстротой и простотой, а также низкой вариабельностью повторных результатов по сравнению с САП. Однако по оценке чувствительности и специфичности результатов стратегии «Pulsar» при ранней диагностике глаукомы мнения зарубежных ученых в тех немногочисленных статьях, которые удалось найти в ходе литературного поиска, разнятся [8, 23–27]. Для того чтобы сформировать собственное мнение по этому вопросу, мы провели открытое клиническое исследование для оценки эффективности FDT-периметрии в виде двух ее пороговых стратегий «FDT-16» и «FDT-64» в нашей модификации [10], стратегии «Pulsar» (Octopus 600) и САП (Octopus 900, пороговая стратегия «G TOP») в ранней диагностике ПОУГ.

Цель: сравнить эффективность САП и двух методов нестандартной периметрии при диагностике начальной стадии ПОУГ.

ПАЦИЕНТЫ И МЕТОДЫ

В исследовании участвовали 18 пациентов (32 глаза), 10 женщин, 8 мужчин, (средний возраст $56,2 \pm 1,4$ года) с диагнозом «начальная стадия ПОУГ», установленным ранее в различных медицинских учреждениях г. Санкт-Петербурга и подтвержденным нами на основании структурно-функциональной оценки состояния ДЗН и ЦПЗ, при этом учитывали данные офтальмотонометрии. В контрольную группу включили 32 здоровых добровольца (32 глаза), средний возраст которых составил $56,4 \pm 3,9$ года.

Критериями невключения в исследование были пациенты с остротой зрения ниже 0,5, аномалиями рефракции более $\pm 5,0$ диоптрии, иными глазными, а также соматическими заболеваниями, влияющими на состояние поля зрения.

Всем испытуемым, помимо стандартного офтальмологического обследования, выполняли САП, впервые используя в своих научных исследованиях анализатор поля зрения Ostorus 900, его пороговую стратегию «G TOP» (Haag-Streit AG, Швейцария) вместо привычного анализатора поля зрения Humphrey (HFA II и HFA III, пороговая стратегия «24-2»), а также два метода нестандартной периметрии: FDT-периметрию в авторской модификации в виде двух пороговых стратегий — «FDT-16» и «FDT-64» [7, 10] и Pulsar-периметрию с помощью анализатора контрастной чувствительности Ostorus 600 (Haag-Streit AG, Швейцария). Кроме того, морфометрическую оценку диска зрительного нерва (ДЗН) осуществляли не только посредством стереоофтальмоскопии, но и с применением гейдельбергского ретинального томографа HRT 3 (Heidelberg Retina Tomograph, Германия) и оптического когерентного томографа (ОКТ) RTVue FD-OCT («Optovue», США), с помощью которого также оценивали показатели комплекса ГКС в макулярной области.

Сравнительная оценка диагностической эффективности пороговых стратегий стандартной и нестандартной периметрии у пациентов с начальной стадией ПОУГ проводилась на основе комплексного статистического анализа полученных результатов, включающего определение уровней чувствительности и специфичности каждого метода, пошагового дискриминантного и дисперсионного анализа (ANOVA) с представлением этих данных в табличном или графическом виде с указанием 95 % доверительных интервалов [28].

РЕЗУЛЬТАТЫ И ОБСУЖДЕНИЕ

При анализе полученных результатов диагностическую эффективность использованных в исследовании методов стандартной и нестандартной периметрии оценивали в первую очередь на основе изучения уровней чувствительности и специфичности данных. Для сравне-

ния полученных результатов были выбраны следующие критерии оценки: значения глобального индекса MD и количество квадратов, каждый размером 10×10 градусов, со скотомами (n-скотом) в ЦПЗ. Для достижения поставленной цели мы выполняли 3 метода компьютерной периметрии (4 стратегии) на одном и том же контингенте здоровых лиц и пациентов с начальной стадией ПОУГ, сопоставимых по возрасту.

Уровни чувствительности и специфичности всех 4 стратегий стандартной и нестандартной компьютерной периметрии, рассчитанные по обозначенным выше двум критериям оценки, представлены в таблице 1.

В своих исследованиях К. Hirasawa и соавт. (2023) неоднократно подтверждали, что чувствительность данных стратегии «Pulsar» выше, чем таковая данных САП при диагностике ПОУГ [26]. A. Vidal-Fernández и соавт. (2002) по результатам своего исследования также сделали вывод о том, что Pulsar-периметрия имеет большую чувствительность для выявления ранних изменений в ЦПЗ у пациентов с подозрением на глаукому, чем стандартная периметрия (Ostorus) [8]. С другой стороны, по результатам проведенного в 2010 году исследования М. Zepieri и соавт. сделали заключение о том, что результаты Pulsar-периметрии имеют высокую специфичность, но более низкую чувствительность по сравнению с результатами FDT-периметрии и более высокую чувствительность по сравнению с данными САП (HFA II) при ранней диагностике ПОУГ [27].

По нашим данным (табл. 1), при диагностике начальной стадии ПОУГ уровень чувствительности результатов обеих пороговых стратегий FDT-периметрии был на 7–15 % выше уровня чувствительности данных стратегии «G TOP» Ostorus 900 и, что удивительно, почти в 2 раза выше чувствительности результатов Pulsar-периметрии. По уровню специфичности результатов все три пороговые стратегии («FDT-16», «FDT-64» и «Pulsar») обоих методов нестандартной периметрии несколько превосходили уровень специфичности данных

Таблица 1. Уровни чувствительности и специфичности 4 стратегий стандартной и нестандартной компьютерной периметрии

Table 1. Sensitivity and specificity levels of four strategies of standard and non-standard computer perimetry

Критерий оценки эффективности стратегии компьютерной периметрии / Criterion for evaluating the effectiveness of the computer perimetry strategy	«G TOP» Ostorus 900	«FDT-16»	«FDT-64»	«Pulsar» Ostorus 600
Индекс MD / MD index	Уровень чувствительности / The sensitivity level (%)			
	80,65	87,1	93,55	54,84
	Уровень специфичности / The specificity level (%)			
	96,77	100	100	100
Количество квадратов со скотомами (n-скотом) / Number of squares with scotomas (n-scotomas)	Уровень чувствительности / The sensitivity level (%)			
	83,87	90,32	98,77	51,61
	Уровень специфичности / The specificity level (%)			
	100	100	100	100

САП — Octopus 900 (стратегия «G TOP»), что свидетельствует об очень хороших возможностях нестандартной периметрии в отделении (отсева) здоровых людей от больных при скрининге на глаукому. Следует отметить из собственного опыта, что данные периметра Octopus 900 (стратегия «G TOP»), похоже, имеют более высокий уровень специфичности, чем данные периметра HFA II и HFA III (стратегия «24-2») [7, 10].

В соответствии с рекомендациями международных экспертов для диагностики и мониторинга ПОУГ следует тщательным образом оценивать морфометрические и функциональные показатели ДЗН. Поэтому в своем исследовании мы определяли наличие, характер и силу связи между значениями глобального индекса MD и количеством квадратов со скотомами (n-скотом) в ЦПЗ из результатов всех 4 сравниваемых стратегий стандартной и нестандартной периметрии, а также между значениями глобального индекса MD и морфометрическими параметрами ДЗН, показателями КГК в макулярной области, полученными с помощью HRT 3 и ОКТ.

Как следует из таблиц 2 и 3, корреляционная связь между значениями глобального индекса MD и количеством квадратов со скотомами в ЦПЗ по данным стандартной и всех 3 пороговых стратегий двух методов нестандартной периметрии оказалась умеренной силы и статистически значимой.

Результаты дисперсионного анализа показали наименьшую дисперсию данных обеих стратегий FDT-периметрии по средним значениям глобального индекса MD у здоровых лиц. Как следует из рисунка 1, установить диагноз глаукомы начальной стадии только по индексу

MD весьма затруднительно, независимо от вида компьютерной периметрии. А вот по количеству выявленных квадратов со скотомами в ЦПЗ эта задача становится более выполнимой, что демонстрирует рисунок 2, в котором по этому критерию лидирует FDT-периметрия, причем по результатам обеих стратегий. Рисунок 2 наглядно подтверждает, что при ранней диагностике глаукомы особенно полезна комбинация методов стандартной и нестандартной периметрии.

Таким образом, FDT-периметрия в силу своей более высокой чувствительности является надежным

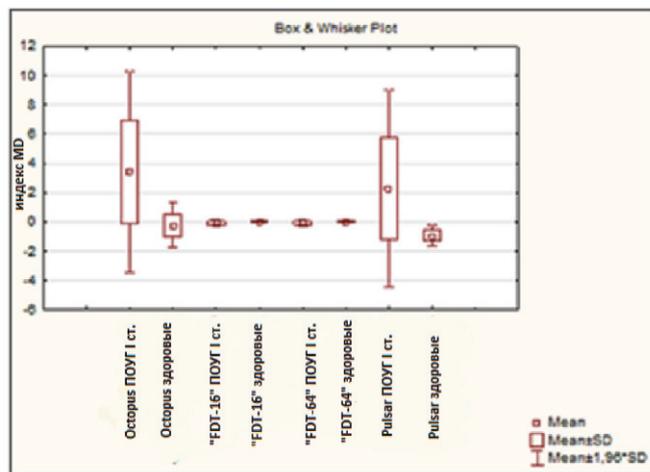


Рис. 1. Результаты дисперсионного анализа у пациентов с ПОУГ начальной стадии и здоровых лиц по средним значениям глобального индекса MD с указанием 95 % доверительных интервалов

Fig. 1. Results of the analysis of variance in patients with early POAG and healthy individuals by mean global MD index with 95% confidence intervals

Таблица 2. Корреляционная связь между значениями индекса MD 4 стратегий стандартной и нестандартной компьютерной периметрии

Table 2. Correlation between MD index values of four strategies of standard and non-standard computer perimetry

Метод периметрии / The perimetry method	«FDT-16», индекс / index MD	«FDT-64», индекс / index MD	«Pulsar» Octopus 600, индекс / index MD
«G TOP» Octopus 900, индекс / index MD	$r = 0,40$ $p = 0,024$	$r = 0,46$ $p = 0,008$	$r = 0,36$ $p = 0,047$

Таблица 3. Корреляционная связь между количеством квадратов со скотомами (n-скотом) 4 стратегий стандартной и нестандартной компьютерной периметрии

Table 3. Correlation between the number of squares with scotomas (n-scotomas) of four strategies of standard and non-standard computer perimetry

Метод периметрии / The perimetry method	«FDT-16», n-скотом / n-scotomas	«FDT-64», n-скотом / n-scotomas	«Pulsar» Octopus 600, n-скотом / n-scotomas
«G TOP» Octopus 900, n-скотом / n-scotomas	$r = 0,74$ $p = 0,000$	$r = 0,45$ $p = 0,011$	$r = 0,38$ $p = 0,034$

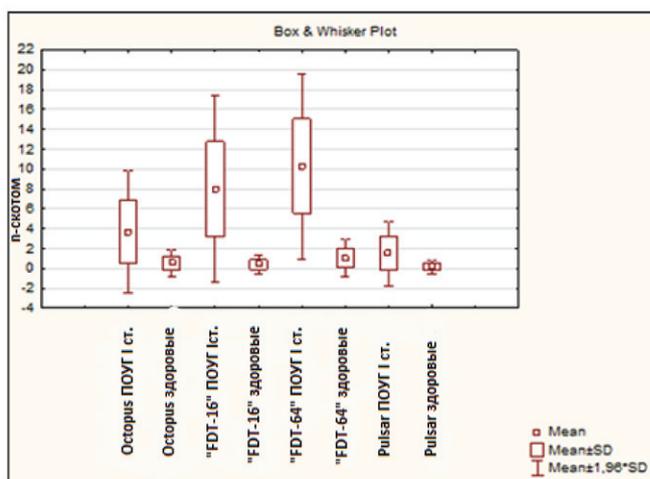


Рис. 2. Результаты дисперсионного анализа у пациентов с ПОУГ начальной стадии и здоровых лиц по средним значениям количества квадратов со скотомами ($n \geq 2$ при $p < 2, 1$ и $0,5$ %) с указанием 95 % доверительных интервалов

Fig. 2. Results of the analysis of variance in patients with early POAG and healthy individuals by mean number of squares with scotomas ($n \geq 2$ at $p < 2, 1$ and 0.5 %) with 95% confidence intervals

дополнением к САП в функциональной диагностике ГОН в начале ее развития. Поскольку в основу международных стандартов заложена структурно-функциональная оценка состояния ДЗН при подозрении на глаукому, мы также провели корреляционный анализ полученных в нашей работе функциональных и структурных данных о состоянии ДЗН. В связи с этим мы оценили наличие, характер и силу связи между средними значениями индекса MD, количеством квадратов со скотомами (n-скотом), взятых из результатов каждой из 4 стратегий («G TOP» Octopus 900, «Pulsar» Octopus 600, «FDT-16» и «FDT-64» FDT-периметрии), и морфометрическими параметрами ДЗН: Cup/Disk Area Ratio (CDR), объем и площадь нейроретинального пояса (НРП), толщина общего слоя нервных волокон сетчатки перипапиллярно (RNFL), показатели комплекса ГКС в области макулы, а именно, средняя толщина (GCC av.), объем глобальных потерь (GLV), объем фокальных потерь (FLV), которые измеряли с помощью HRT 3 и ОКТ у больных ПОУГ начальной стадии. Полученные результаты представлены в таблицах 4 и 5.

В соответствии с полученными данными (табл. 4, выделено полужирным), при начальной стадии ПОУГ корреляционная связь между средними значениями индекса MD (по данным САП и всех 3 стратегий нестандартной периметрии) и всеми морфометрическими показателями (по данным HRT и ОКТ) оказалась слабой силы и статистически незначимой, кроме показателя RNFL по данной стратегии «FDT-16». Корреляция между средними значениями n-скотом (табл. 5, выделено полужирным) по данным САП, стратегии «FDT-16» и параметрами НРП по данным HRT оказалась умеренной силы и статистически значимой. Кроме того, корреляция между средними значениями общей толщины СНВС и индекса MD (табл. 4, выделено полужирным), n-скотом и объемом НРП (табл. 5, выделено полужирным) при стратегии «FDT-16» была положительной умеренной силы и статистически значимой в отличие от остальных стратегий нестандартной периметрии («FDT-64» и «Pulsar»).

В последние годы такие давно известные структурные показатели, оцениваемые при диагностике ПОУГ, как параметры экскавации и НРП ДЗН, СНВС, многие авторы [25–31] при начальной и развитой стадии заболевания дополняют оценкой параметров комплекса ГКС в макулярной области. Некоторые авторы полагают, что изменение толщины комплекса ГКС в макулярной области является самым ранним признаком глаукомы, но многие авторы [29, 32–34] считают, что при глаукоме все же раньше ухудшаются такие показатели, как СНВС и НРП ДЗН.

В связи с этим мы решили составить свое мнение по этому вопросу и провели корреляционный анализ между функциональными данными и результатами оценки комплекса ГКС. По нашим данным, статистически значимая корреляционная связь получена только между средними значениями FLV и индекса MD

Таблица 4. Взаимосвязь средних значений индекса MD по результатам всех 4 периметрических стратегий и морфометрическими показателями ДЗН по данным HRT 3 и ОКТ у пациентов с ПОУГ начальной стадии

Table 4. The relationship of mean MD from all four perimetric strategies to morphometric indicators of OND from HRT 3 and OCT in patients with early POAG

Морфометрические показатели / Morphometric indicators	«G TOP» Octopus 900, индекс / index MD	«FDT-16», индекс / index MD	«FDT-64», индекс / index MD	«Pulsar» Octopus 600, индекс / index MD
HRT 3 / CDR	$r = -0,15$, $p = 0,434$	$r = -0,16$, $p = 0,361$	$r = 0,05$, $p = 0,763$	$r = -0,02$, $p = 0,92$
HRT 3, площадь НРП / HRT 3, Rim area	$r = 0,18$, $p = 0,32$	$r = 0,21$, $p = 0,25$	$r = 0,06$, $p = 0,73$	$r = 0,06$, $p = 0,74$
HRT 3, объем НРП / HRT 3, Rim volume	$r = 0,14$, $p = 0,43$	$r = 0,05$, $p = 0,77$	$r = 0,09$, $p = 0,62$	$r = 0,007$, $p = 0,96$
HRT 3 / RNFL	$r = 0,08$, $p = 0,66$	$r = 0,32$, $p = 0,05$	$r = -0,32$, $p = 0,86$	$r = -0,09$, $p = 0,63$
OCT / CDR	$r = 0,05$, $p = 0,77$	$r = -0,07$, $p = 0,7$	$r = -0,13$, $p = 0,44$	$r = 0,07$, $p = 0,68$
OCT / GCC av.	$r = -0,167$, $p = 0,39$	$r = -0,188$, $p = 0,338$	$r = -0,056$, $p = 0,77$	$r = -0,07$, $p = 0,709$
OCT / GLV	$r = 0,294$, $p = 0,128$	$r = 0,191$, $p = 0,328$	$r = 0,277$, $p = 0,152$	$r = 0,279$, $p = 0,15$
OCT / FLV	$r = 0,569$, $p = 0,002$	$r = 0,219$, $p = 0,261$	$r = 0,374$, $p = 0,05$	$r = 0,158$, $p = 0,422$

Таблица 5. Взаимосвязь средних значений количества квадратов со скотомами (n-скотом) по результатам всех 4 периметрических стратегий и морфометрическими показателями ДЗН по данным HRT 3 и ОКТ у пациентов с ПОУГ начальной стадии

Table 5. Relationship of mean number of squares with scotomas (n-scotomas) from all four perimetric strategies to morphometric indices of the optic nerve head from HRT 3 and OCT in patients with early POAG

Морфометрические показатели / Morphometric indicators	«G TOP» Octopus 900, n-скотом / n-scotomas	«FDT-16», n-скотом / n-scotomas	«FDT-64», n-скотом / n-scotomas	«Pulsar» Octopus 600, n-скотом / n-scotomas
HRT 3 / CDR	$r = -0,35$, $p = 0,04$	$r = -0,17$, $p = 0,35$	$r = -0,28$, $p = 0,11$	$r = -0,08$, $p = 0,67$
HRT 3, площадь НРП / HRT 3, Rim area	$r = 0,38$, $p = 0,03$	$r = 0,22$, $p = 0,22$	$r = 0,31$, $p = 0,08$	$r = 0,22$, $p = 0,25$
HRT 3, объем НРП / HRT 3, Rim volume	$r = 0,37$, $p = 0,04$	$r = 0,32$, $p = 0,05$	$r = 0,23$, $p = 0,2$	$r = 0,31$, $p = 0,1$
HRT 3 / RNFL	$r = 0,27$, $p = 0,13$	$r = 0,12$, $p = 0,5$	$r = 0,15$, $p = 0,42$	$r = 0,17$, $p = 0,37$
OCT / CDR	$r = -0,16$, $p = 0,36$	$r = -0,03$, $p = 0,86$	$r = -0,15$, $p = 0,4$	$r = 0,09$, $p = 0,46$
OCT / GCC av.	$r = 0,081$, $p = 0,679$	$r = -0,042$, $p = 0,824$	$r = 0,053$, $p = 0,787$	$r = -0,295$, $p = 0,127$
OCT / GLV	$r = 0,067$, $p = 0,73$	$r = 0,16$, $p = 0,39$	$r = 0,09$, $p = 0,62$	$r = 0,41$, $p = 0,03$
OCT / FLV	$r = 0,33$, $p = 0,086$	$r = 0,27$, $p = 0,152$	$r = 0,19$, $p = 0,315$	$r = 0,36$, $p = 0,058$

при САП и Pulsar-периметрии (табл. 4, выделено полужирным), аналогичный результат получили и по критерию n-скотом между средними значениями GLV при Pulsar-периметрии (табл. 5, выделено полужирным), в остальных случаях корреляционная связь была статистически незначимой. В связи с этим мы полагаем, что исследования показателей комплекса ГКС в маку-

лярной области при ранней диагностике глаукомы полезны и могут в ряде случаев дополнить структурную оценку ДЗН и перипапиллярного СНВС.

Н.-С. Chen и соавт. (2021) оценивали диагностическую эффективность Pulsar-периметрии, ОКТ и ОКТ-ангио в диагностике препериметрической глаукомы и ПОУГ начальной стадии. По результатам этого исследования структурные показатели оказались более чувствительными, чем функциональные, при выявлении препериметрической глаукомы. С другой стороны, Pulsar-периметрия оказалась более чувствительной, чем структурные и сосудистые измерения, полученные с помощью ОКТ и ОКТ-ангио при диагностике ПОУГ начальной стадии [24].

Мы выражаем согласие с авторами, работы которых подтверждают, что комбинация структурных и функциональных методов, включающая оценку новых структурных параметров ДЗН, макулярной области, а также методы нестандартной периметрии, повышает эффективность ранней диагностики ПОУГ [7, 14, 35].

ВЫВОДЫ

1. Для ранней диагностики глаукомы наиболее перспективными могут считаться исследования с использованием передовых технологий, имеющих высокие уров-

ни как чувствительности, так и, что особенно важно при скрининге глаукомы в неотобранном контингенте, специфичности.

2. При диагностике начальной стадии ПОУГ уровень чувствительности результатов обеих пороговых стратегий «FDT-16» и «FDT-64» превысил на 7–15 % уровень чувствительности данных САП («G TOP» Ostorus 900) и почти в 2 раза — уровень чувствительности Pulsar-периметрии (Ostorus 600).

3. Уровень специфичности результатов пороговых стратегий («FDT-16», «FDT-64» и «Pulsar») обоих методов нестандартной периметрии оказался несколько выше уровня специфичности данных САП («G TOP» Ostorus 900), что свидетельствует об очень хороших возможностях нестандартной периметрии в отделении здоровых людей от больных при скрининге на глаукому.

4. Для ранней диагностики ПОУГ целесообразно сочетание методов стандартной и нестандартной компьютерной периметрии в комбинации с морфометрической оценкой ДЗН и макулярной области сетчатки.

УЧАСТИЕ АВТОРОВ:

Симакова И.Л. — концепция и дизайн исследования, редактирование текста; Куликов А.Н. — научное редактирование; Сердюкова С.А. — сбор и статистическая обработка материала, написание текста; Тихоновская И.А. — сбор и статистическая обработка материала, написание текста.

ЛИТЕРАТУРА / REFERENCES

- Quigley HA, Dunkelberger GR, Green WR. Retinal ganglion cell atrophy correlated with automated perimetry in human eyes with glaucoma. *Am J Ophthalmol*. 1989;107(5):453–464. doi: 10.1016/0002-9394(89)90488-1.
- Silverman SE, Trick GL, Hart WM Jr. Motion perception is abnormal in primary open-angle glaucoma and ocular hypertension. *Invest Ophthalmol Vis Sci*. 1990;31(4):722–729.
- Bullimore MA, Wood JM, Swenson K. Motion perception in glaucoma. *Invest Ophthalmol Vis Sci*. 1993;34(13):3526–3533.
- Tyler CW. Specific deficits of flicker sensitivity in glaucoma and ocular hypertension. *Invest Ophthalmol Vis Sci*. 1981;20(2):204–212.
- Alward WL. Frequency doubling technology perimetry for the detection of glaucomatous visual field loss. *Am J Ophthalmol*. 2000;129(3):376–378. doi: 10.1016/S0002-9394(00)00352-4.
- Swanson WH, Feliuss J, Pan F. Perimetric defects and ganglion cell damage: interpreting linear relations using a two-stage neural model. *Invest Ophthalmol Vis Sci*. 2004;45(2):466–472. doi: 10.1167/iov.03-0374.
- Симакова ИЛ, Волков ВВ, Бойко ЭВ. Сравнение результатов разработанного метода периметрии с удвоенной пространственной частотой и оригинального метода FDT периметрии. *Глаукома*. 2010;1:5–11. Simakova IL, Volkov VV, Boiko EV. 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.).
- Vidal-Fernández A, García Feijóo J, González-Hernández M, González De La Rosa M, García Sánchez J. Primeros hallazgos con perimetría pulsar en pacientes hipertensos oculares [Initial findings with pulsar perimetry in patients with ocular hypertension]. *Arch Soc Esp Oftalmol*. 2002;77(6):321–326.
- Сердюкова СА, Симакова ИЛ. Компьютерная периметрия в диагностике первичной открытоугольной глаукомы. *Офтальмологические ведомости*. 2018;11(1):54–65. doi: 10.17816/OV11154-65. Serdyukova SA, Simakova IL. Computer perimetry in the diagnosis of primary open-angle glaucoma. *Eye statements*. 2018;11(1):54–65 (In Russ.). doi: 10.17816/OV11154-65.
- Симакова ИЛ, Тихоновская ИА. Эффективность различных вариантов периметрии с удвоенной пространственной частоты в диагностике некоторых оптикнейропатий. *Национальный журнал глаукома*. 2022;21(1):23–36. doi: 10.53432/2078-4104-2022-21-1-23-35. Simakova IL, Tikhonovskaya IA. Evaluation of the effectiveness of frequency doubling technology perimetry in the diagnosis of optic neuropathies. *National Journal of Glaucoma*. 2022;21(1):23–36 (In Russ.).
- Burgansky-Eliash Z, Wollstein G, Patel A, Bilonick RA, Ishikawa H, Kagemann L, Dilworth WD, Schuman JS. Glaucoma detection with matrix and standard achromatic perimetry. *Br J Ophthalmol*. 2007;91(7):933–938. doi: 10.1136/bjo.2006.110437.
- Han S, Baek SH, Kim US. Comparison of Three Visual Field Tests in Children: Frequency Doubling Test, 24-2 and 30-2 SITA Perimetry. *Semin Ophthalmol*. 2017;32(5):647–650. doi: 10.3109/08820538.2016.1157611.
- Casson RJ, James B. Effect of cataract on frequency doubling perimetry in the screening mode. *J Glaucoma*. 2006;15(1):23–25. doi: 10.1097/01.jgg.0000197089.
- Еричев ВП, Петров СЮ, Макарова АС, Козлова ИВ, Решикова ВС. Современные методы функциональной диагностики и мониторинга глаукомы. Часть 2. Диагностика структурных повреждений сетчатки и зрительного нерва. *Национальный журнал глаукома*. 2015;14(3):72–79. Eriчев VP, Petrov SYu, Kozlova IV, Makarova AS, Reshchikova VS. Modern methods of functional diagnostics and monitoring of glaucoma. Part 2. Diagnosis of structural damage of the retina and optic nerve. *National Journal glaucoma*. 2015;14(3):72–79 (In Russ.).
- Lamparter J, Russell RA, Schulze A, Schuff AC, Pfeiffer N, Hoffmann EM. Structure-function relationship between FDF, FDT, SAP, and scanning laser ophthalmoscopy in glaucoma patients. *Invest Ophthalmol Vis Sci*. 2012;53(12):7553–7559. doi: 10.1167/iov.12-10892.
- Kanadani FN, Mello PA, Dorairaj SK, Kanadani TC. Frequency-doubling technology perimetry and multifocal visual evoked potential in glaucoma, suspected glaucoma, and control patients. *Clin Ophthalmol*. 2014;8:1323–1330. doi: 10.2147/OPTH.S64684.
- Boland MV, Gupta P, Ko F, Zhao D, Guallar E, Friedman DS. Evaluation of Frequency-Doubling Technology Perimetry as a Means of Screening for Glaucoma and Other Eye Diseases Using the National Health and Nutrition Examination Survey. *JAMA Ophthalmol*. 2016;134(1):57–62. doi: 10.1001/jamaophthalmol.2015.4459.
- Camp AS, Weinreb RN. Will Perimetry Be Performed to Monitor Glaucoma in 2025? *Ophthalmology*. 2017;124(12S):71–75. doi: 10.1016/j.ophtha.2017.04.009.
- Patel A, Wollstein G, Ishikawa H, Schuman JS. Comparison of visual field defects using matrix perimetry and standard achromatic perimetry. *Ophthalmology*. 2007;114(3):480–487.
- McManus JR, Netland PA. Screening for glaucoma: rationale and strategies. *Curr Opin Ophthalmol*. 2013;24(2):144–149. doi: 10.1097/ICU.0b013e32835cf078.
- Terauchi R, Wada T, Ogawa S, Kaji M, Kato T, Tatemichi M, Nakano T. FDT Perimetry for Glaucoma Detection in Comprehensive Health Checkup Service. *J Ophthalmol*. 2020;2020:4687398. doi: 10.1155/2020/4687398.
- Симакова ИЛ, Куликов АН, Сердюкова СА, Горбачева КС, Григорян ЛА. Новые возможности периметрии для скрининга и ранней диагностики глаукомы. *Национальный журнал глаукома*. 2023;22(4):33–43. doi: 10.53432/2078-4104-2023-22-4-33-43. Simakova IL, Kulikov AN, Serdyukova SA, Gorbacheva KS, Grigoryan LA. New possibilities of perimetry in screening and early diagnosis of glaucoma. *National Journal glaucoma*. 2023;22(4):33–43 (In Russ.). doi: 10.53432/2078-4104-2023-22-4-33-43.

23. González-Hernández M, García-Feijó J, Mendez MS, de la Rosa MG. Combined spatial, contrast, and temporal functions perimetry in mild glaucoma and ocular hypertension. *Eur J Ophthalmol*. 2004;14(6):514–522.
24. Khanna V, Joon A, Viswanath S, Chhabra K. Perimetry-Recent Advances. *Delhi Journal of Ophthalmology*. 2022;32(4):15–24.
25. Chen HC, Chou MC, Lee MT, Lee CY, Yang CN, Liu CH, Chao SC. The Diagnostic Value of Pulsar Perimetry, Optical Coherence Tomography, and Optical Coherence Tomography Angiography in Pre-Perimetric and Perimetric Glaucoma. *J Clin Med*. 2021;10(24):5825. doi: 10.3390/jcm10245825.
26. Hirasawa K, Yamaguchi J, Nagano K, Kanno J, Kasahara M, Shoji N. Degree of loss in the tissue thickness, microvascular density, specific perimetry and standard perimetry in early glaucoma. *BMJ Open Ophthalmol*. 2023;8(1):e001256. doi: 10.1136/bmjophth-2023-001256.
27. Zeppieri M, Brusini P, Parisi L, Johnson CA, Sampaolesi R, Salvatet ML. Pulsar perimetry in the diagnosis of early glaucoma. *Am J Ophthalmol*. 2010;149(1):102–112. doi: 10.1016/j.ajo.2009.07.020.
28. Григорьев СГ, Лобзин ЮВ, Скрипченко НВ. Роль и место логистической регрессии и ROC-анализа в решении медицинских диагностических задач. *Журнал инфектологии*. 2016;8(4):36–45. Grigoryev SG, Lobzin YuV, Skripchenko NV. The role and place of logistic regression and ROC analysis in solving medical diagnostic task. *Journal Infectology*. 2016;8(4):36–45 (In Russ.). doi: 10.22625/2072-6732-2016-8-4-36-45.
29. Ангелов Б, Петрова К. Оптическая когерентная томография и ее роль в диагностике глазной гипертензии, препериметрической и периметрической глаукомы. *Офтальмология*. 2015;12(1):46–56. doi: 10.18008/1816-5095-2015-1-46-56.
30. Angelov B, Petrova K. Optical coherence tomography and its role in the diagnosis of ocular hypertension, preperimetric and perimetric glaucoma. *Ophthalmology in Russia*. 2015;12(1):46–56 (In Russ.). doi: 10.18008/1816-5095-2015-1-46-56.
31. Begum VU, Jonnadula GB, Yadav RK, Addepalli UK, Senthil S, Choudhari NS, Garudadri CS, Rao HL. Scanning the macula for detecting glaucoma. *Indian J Ophthalmol*. 2014;62(1):82–87. doi: 10.4103/0301-4738.126188.
32. Шахалова АП, Шевченко МВ, Антипенко ЛА, Кудрявцев ЮМ. Оптическая когерентная томография комплекса ганглиозных клеток сетчатки в диагностике первичной открытоугольной глаукомы. *Практическая медицина*. 2012;1(4(59)):256–259. Shakhhalova AP, Shevchenko MV, Antipenko LA, Kudryavcev YuM. Optical coherence tomography of ganglion cell complex in diagnostic of primary open angle glaucoma patients. *Practical medicine*. 2012;1(4(59)):256–259 (In Russ.).
33. Na JH, Sung KR, Lee JR, Lee KS, Baek S, Kim HK, Sohn YH. Detection of glaucomatous progression by spectral-domain optical coherence tomography. *Ophthalmology*. 2013;120(7):1388–1395. doi: 10.1016/j.ophtha.2012.12.014.
34. Aydogan T, Akçay BS, Kardeş E, Ergin A. Evaluation of spectral domain optical coherence tomography parameters in ocular hypertension, preperimetric, and early glaucoma. *Indian J Ophthalmol*. 2017;65(11):1143–1150. doi: 10.4103/ijjo.IJO_157_17.
35. Seth NG, Kaushik S, Kaur S, Raj S, Pandav SS. 5-year disease progression of patients across the glaucoma spectrum assessed by structural and functional tools. *Br J Ophthalmol*. 2018;102(6):802–807. doi: 10.1136/bjophthalmol-2017-310731.
36. Eura M, Matsumoto C, Hashimoto S, Okuyama S, Takada S, Nomoto H, Tanabe F, Shimomura Y. Test Conditions in Macular Visual Field Testing in Glaucoma. *J Glaucoma*. 2017;26(12):1101–1106. doi: 10.1097/IJG.0000000000000782.

СВЕДЕНИЯ ОБ АВТОРАХ

Симакова Ирина Леонидовна
доктор медицинских наук, доцент, профессор кафедры офтальмологии
<https://orcid.org/0000-0001-8389-0421>

Куликов Алексей Николаевич
доктор медицинских наук, профессор, начальник кафедры офтальмологии
<https://orcid.org/0000-0002-5274-6993>

Сердюкова Светлана Анатольевна
кандидат медицинских наук, врач-офтальмолог, заведующая
офтальмологическим отделением
<https://orcid.org/0009-0007-5255-2041>

Тихоновская Ирина Александровна
кандидат медицинских наук, врач-офтальмолог диагностического отделения
клиники офтальмологии
<https://orcid.org/0000-0002-7518-8437>

ABOUT THE AUTHORS

Simakova Irina L.
MD, Professor of the Ophthalmology Department
<https://orcid.org/0000-0001-8389-0421>

Kulikov Aleksey N.
MD, Professor, Head of the Ophthalmology Department
<https://orcid.org/0000-0002-5274-6993>

Serdyukova Svetlana A.
PhD, Head of the Ophthalmology Department Clinic
<https://orcid.org/0009-0007-5255-2041>

Tikhonovskaya Irina A.
PhD, ophthalmologist of the Ophthalmology clinic
<https://orcid.org/0000-0002-7518-8437>