

Оценка эффективности различных вариантов периметрии с удвоением пространственной частоты при мониторинге глаукомного процесса



И.Л. Симакова



А.Н. Куликов



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. 2022;19(4):815–821

Цель: сравнить диагностическую эффективность нестандартной периметрии и стандартной автоматизированной периметрии (САП) при мониторинге начальной стадии первичной открытоугольной глаукомы (ПОУГ). **Пациенты и методы.** В исследовании участвовали 30 больных (46 глаз) начальной ПОУГ в возрасте от 30 до 65 лет ($54,9 \pm 1,3$ года), которые находились под динамическим наблюдением в сроки от 3 до 4 лет ($3,50 \pm 0,68$ года). Всем испытуемым, помимо стандартного офтальмологического обследования, выполняли пороговую программу «24-2» периметрии по Humphrey II, авторскую модификацию периметрии с удвоением пространственной частоты — Frequency Doubling Technology (FDT) Perimetry в виде двух пороговых стратегий: известной «FDT-16» и новой «FDT-64». Состояние диска зрительного нерва (ДЗН) оценивали с помощью HRT 3 (Heidelberg Retina Tomograph, Германия) и ОКТ — Topcon 3D OCT-2000 («TOPCON», Япония). При мониторинге дополнительно выполняли ОКТ RTVue FD-OCT («Optovue», США), оценивая показатели комплекса ганглиозных клеток (НГК) сетчатки. **Результаты.** Регулярное диспансерное наблюдение, выполнение назначенного лечения способствовали стабилизации глаукомы, о чем свидетельствовали стабильность средних значений индексов MD по данным всех трех пороговых стратегий, но достоверно ($p = 0,000$) — только по данным САП. По критерию количества скотом имелась слабовыраженная, но статистически значимая отрицательная динамика по всем сравниваемым стратегиям. По результатам структурной оценки ДЗН (размеру экскавации) получена слабо выраженная отрицательная динамика как по данным HRT, так и по данным ОКТ. Взаимосвязь средних значений индекса MD, количества скотом по данным трех стратегий и размера экскавации по данным HRT и ОКТ у больных начальной ПОУГ оказалась более сильной и достоверной по данным «FDT-16», а характеристики корреляции с результатами «24-2» HFA II, «FDT-64» во многом совпадали. **Заключение.** Достоверная корреляционная связь между структурными и функциональными показателями свидетельствует о целесообразности использования «FDT-64» в комплексе с САП не только при диагностике начальной стадии глаукомы, но и при оценке ее течения. Уровень чувствительности результатов «FDT-64» (100 %) по сравнению с «FDT-16» (88 %) у пациентов с ПОУГ был выше, в связи с этим «FDT-64» целесообразно использовать в сложных диагностических случаях и при мониторинге глаукомы.

Ключевые слова: FDT-периметрия, НМ FDT-периметрия, глаукомная оптиконеуропатия, мониторинг глаукомы

Для цитирования: Симакова И.Л., Куликов А.Н., Тихоновская И.А. Оценка эффективности различных вариантов периметрии с удвоением пространственной частоты при мониторинге глаукомного процесса. *Офтальмология*. 2022;19(4):815–821. <https://doi.org/10.18008/1816-5095-2022-4-815-821>

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

Конфликт интересов отсутствует



Assessment of the Effectiveness of Different Variants of Frequency Doubling Technology Perimetry in Monitoring the Glaucoma Process

I.L. Simakova, A.N. Kulikov, I.A. Tikhonovskaya

S.M. Kirov Military Medical Academy

Botkinskaya str., 21, Saint Petersburg, 194044, Russian Federation

ABSTRACT

Ophthalmology in Russia. 2022;19(4):815–821

Purpose: To compare the diagnostic effectiveness of non-standard perimetry and standard automated perimetry (SAP) during early-stage monitoring of primary open-angle glaucoma (POAG). **Patients and methods.** The study involved 30 patients (46 eyes) with early-stage of POAG, aged 30 to 65 years (54.9 ± 1.3), who were under ongoing monitoring for 3 to 4 years (3.50 ± 0.68 years). All subjects, in addition to the standard ophthalmological examination, performed the threshold program "24-2" perimetry using the Humphrey II, the own modification of Frequency Doubling Technology (FDT) Perimetry, in the form of 2 threshold strategies: the well-known "FDT-16" and the new "FDT-64". The condition of the optic nerve head (ONH) was assessed using HRT 3 (Heidelberg Retina Tomograph, Germany) and OCT — Topcon 3D OCT- 2000 (TOPCON, Japan). During monitoring, RTVue FD-OCT (Optovue, USA) was additionally performed, evaluating the parameters of the retinal ganglion cell complex (GCC). **Results.** Regular follow-up, the implementation of the prescribed treatment contributed to the stabilization of glaucoma, as evidenced by the stability of the average MD index values according to all 3 threshold strategies, but reliably ($p = 0.000$) only according to SAP data. According to the criterion of the number of scotomas, there was a weakly expressed, but statistically significant negative dynamics for all the compared strategies. According to the results of the structural assessment of the ONH (the size of the excavation), a weakly pronounced negative dynamics was obtained in dynamics according to both HRT and OCT data. The average MD index values, the number of scotomas according to the three perimeter strategies and the excavation size based on HRT and OCT in patients with early-stage of POAG turned out to be stronger and more significant using the "FDT-16", and the correlation characteristics with the results of "24-2" HFA II, "FDT-64" largely coincided. **Conclusion.** A reliable correlation between structural and functional parameters indicates the feasibility of using "FDT-64" in combination with SAP not only in for the diagnosis of the early-stage of glaucoma, but also in assessing its course. The sensitivity level of the results of "FDT-64" (100 %) compared to "FDT-16" (88 %) in patients with POAG was higher, therefore, "FDT-64" is advisable to use in complex diagnostic cases and in monitoring glaucoma.

Keywords: FDT perimetry, HM FDT perimetry, glaucomatous optic neuropathy, glaucoma monitoring

For citation: Simakova I.L., Kulikov A.N., Tikhonovskaya I.A. Assessment of the Effectiveness of Different Variants of Frequency Doubling Technology Perimetry in Monitoring the Glaucoma Process. *Ophthalmology in Russia*. 2022;19(4):815–821. <https://doi.org/10.18008/1816-5095-2022-4-815-821>

Financial Disclosure: No author has a financial or property interest in any material or method mentioned

There is no conflict of interests

ВВЕДЕНИЕ

По мнению международных экспертов Всемирной глаукомной ассоциации и по данным зарубежной литературы последних 20 лет, широко распространенным функциональным скринингом на глаукому является FDT-периметрия, которая с 2005 г. выполняется с использованием периметра 2-го поколения — Humphrey Matrix FDT (HM FDT), получившего такое название вследствие некоторых опций, сходных с анализатором поля зрения Humphrey, в частности, это касается формы распечатки результатов тестирования центрального поля зрения (ЦПЗ), количества тест-объектов [1–3]. Новый HM FDT-периметр имеет все тестовые программы, имеющиеся в FDT-периметре 1-го поколения, а также 4 дополнительные, аналогичные программам САП, выполненные при помощи «Humphrey Field Analyser» (HFA), а именно, программы «30-2» (69 точек), «24-2» (55 точек), «10-2» (44 точки) и «макула» (16 точек). В этих дополнительных программах размеры стимула были уменьшены в 2 раза — с $10 \times 10^\circ$ до $5 \times 5^\circ$ соответственно, поэтому в 4 раза увеличилось количество квадратов (с 16 до 64), тестируемых в пределах той же

площади ЦПЗ диаметром 24 градуса. С учетом уменьшения размеров стимула при сохранении неизменным расстояния (33 см) до экрана монитора соответственно изменились значения пространственной (с 0,25 до 0,5 цикл/град.) и временной (с 25 до 18 Гц) частоты, а время исследования для одного глаза увеличилось в среднем с 1 до 5 минут [4–7]. Кроме того, были усовершенствованы аппаратное и программное обеспечение прибора, что сделало его более простым, надежным и эффективным в использовании [5]. Преимуществом FDT-периметрии является меньшая вариабельность повторных результатов, быстрота и простота выполнения по сравнению с САП [8–11].

Но, несмотря на все эти усовершенствования новой технологии нестандартной периметрии, которые привели к созданию FDT-периметра 2-го поколения — HM FDT, мнения авторитетных зарубежных авторов в оценке его эффективности в диагностике и мониторинге глаукомы по сравнению с САП до сих пор достаточно противоречивы.

В настоящее время ряд зарубежных исследователей [12–22] рекомендуют применять HM FDT для скрининга

И.Л. Симакова, А.Н. Куликов, И.А. Тихоновская

глаукомы, аргументируя более высокой чувствительностью его результатов, несмотря на удлинение времени тестирования каждого глаза примерно в 4 раза (в среднем $63,1 \pm 1,7$ до $257,5 \pm 9,4$ с). Как известно, существуют требования к скринингу, такие как простота и быстрота (не более 5 минут для исследования обоих глаз) при выполнении, достаточная информативность и экономическая доступность метода исследования, претендующего на скрининг [8, 23]. Исследователи сообщают в своих работах о большей целесообразности использования НМ FDT для мониторинга глаукомного процесса [18, 24–27]. Некоторые авторы рекомендуют применять НМ FDT как при скрининге, так и мониторинге глаукомы [28–30].

Таким образом, из представленных данных зарубежной литературы не следует полная ясность относительно того, является ли метод нестандартной периметрии в виде FDT-периметра 2-го поколения — НМ FDT более полезным для ранней диагностики глаукомы или для мониторинга уже выявленного заболевания.

В связи с этим возникла необходимость в проведении сравнительного исследования по оценке диагностических возможностей различных вариантов FDT-периметрии при ГОН и ее мониторинге. Оценку течения глаукомного процесса в динамике в офтальмологической практике принято называть мониторингом. Мониторинг (от англ. monitoring, от лат. monitor — наблюдающий, надзирающий) — регулярное наблюдение за каким-либо процессом с целью изучения его динамики и выявления его соответствия желаемому результату или первоначальным предположениям [31].

В 2003 г. на кафедре офтальмологии Военно-медицинской академии под руководством проф. В.В. Волкова И.Л. Симаковой совместно с учеными кафедры прикладной математики Санкт-Петербургского государственного политехнического университета впервые в России была разработана модификация новой технологии периметрии с удвоением пространственной частоты в пороговом (стратегия «FDT-16» и стратегия «FDT-64») и скрининговом варианте, которая по чувствительности и специфичности результатов не уступает оригинальному методу, а в скрининговом варианте оказалась более чувствительной [8, 32].

В своей работе в качестве вариантов FDT-периметрии мы использовали не только известную пороговую стратегию «FDT-16», но и ранее не апробированную в клинике пороговую стратегию «FDT-64», которая была нами

усовершенствована в ходе ее изучения, а именно, создана база нормы светочувствительности сетчатки для здоровых лиц молодого и старшего возраста, и с помощью программиста, одного из авторов данной программы, внесены изменения в технические характеристики стимула в соответствии с зарубежным аналогом (НМ FDT).

Цель: сравнить диагностическую эффективность пороговых стратегий нестандартной периметрии с удвоением пространственной частоты и САП при мониторинге начальной стадии ПОУГ.

ПАЦИЕНТЫ И МЕТОДЫ

В исследовании участвовали 30 пациентов (46 глаз) с I стадией ПОУГ. Под динамическим наблюдением в сроки от 3 до 4 лет ($3,50 \pm 0,68$ года) находились 26 пациентов (40 глаз), остальные 4 пациента (6 глаз) по разным причинам не вошли в исследование. Материал выборки представлен в таблице 1.

Четверо пациентов, не вошедших в группу мониторинга, были исключены, т.к. за время наблюдения одной пациентке была выполнена глазная операция — факосмульсификация катаракты обоих глаз, что является критерием исключения. У другой пациентки через 19 месяцев наблюдения развилась начальная ядерная катаракта, не позволившая качественно выполнять структурную оценку ДЗН в динамике с помощью ретинальных томографов. У 3-го пациента из данной группы с впервые установленным диагнозом ПОУГ I стадии левого глаза и преглаукомы правого глаза в указанный период наблюдения произошел тромбоз центральной вены сетчатки левого глаза, а через 1,5 месяца — ретробоз. В связи с выраженным понижением остроты зрения (один из критериев исключения) оба эти пациента не вошли в группу мониторинга глаукомного процесса при начальной стадии заболевания. Только один пациент по личным обстоятельствам отказался от длительного динамического наблюдения.

Из 26 лишь трое пациентов рекомендованный капельный гипотензивный режим соблюдали нерегулярно, поэтому у них было зафиксировано повышение ВГД до 26–30 мм рт. ст. по Маклакову. С пациентами провели беседу о необходимости выполнения назначенного лечения и через 2 недели выполнили структурно-функциональную оценку ДЗН с применением нагрузочных проб.

Критериями исключения стали пациенты с аномалиями рефракции, превышающими $\pm 5,0$ диоптрии,

Таблица 1. Материал выборки для сравнения диагностической эффективности пороговых стратегий «FDT-16» и «FDT-64» при мониторинге глаукомы

Группы Groups	Количество глаз Number of eyes	Э/Д (при стереоофтальмоскопии) C/D (with stereophthalmoscopy) ($\bar{X} \pm m_x$)	Уровень ВГД по Маклакову, мм рт. ст. The level of IOP according to Maklakov, mmHg ($\bar{X} \pm m_x$)	Острота зрения с коррекцией Visual acuity with correction ($\bar{X} \pm m_x$)
I стадия ПОУГ / Stage I of POAG	46	$0,41 \pm 0,02$	$20,1 \pm 3,3$	$0,99 \pm 0,01$
I стадия ПОУГ через $3,50 \pm 0,68$ года Stage I of POAG after 3.50 ± 0.68 years	40	$0,47 \pm 0,03$	$19,9 \pm 3,1$	$0,99 \pm 0,03$

остротой зрения ниже 0,5 и глазными или иными, кроме вошедших в исследование, соматическими заболеваниями, влияющими на состояние поля зрения.

Всем пациентам, помимо стандартного офтальмологического обследования, выполняли исследование ЦПЗ с использованием компьютерного анализатора поля зрения Humphrey Visual Field Analyzer II 745i (Германия — США, пороговая программа «Central 24-2») и с помощью FDT-периметрии в виде двух пороговых стратегий: известной «FDT-16» и новой, доработанной «FDT-64», о чем сообщалось выше. Всем испытуемым с частотой 1 раз в полгода повторяли офтальмологическое обследование в полном объеме, повторно выполняя исследование ЦПЗ с помощью периметра HFA II («24-2») и FDT-периметрии («FDT-16» и «FDT-64») по тем же программам и при тех же условиях, что и при исходном тестировании. Структурные изменения ДЗН в динамике также оценивали с помощью ретинальных томографов Topcon 3D OCT-2000 («Торсон», Япония) и HRT 3 (Heidelberg Retina Tomograph, Германия). В группе пациентов с ПОУГ при мониторинге дополнительно выполняли ОКТ RTVue FD-OCT («Optovue», США), оценивая показатели комплекса ганглиозных клеток (КГК) сетчатки в макулярной области.

РЕЗУЛЬТАТЫ И ОБСУЖДЕНИЕ

Для корректной оценки прогрессирования глаукомы необходимо, прежде всего, убедиться в хорошей повторяемости результатов повторных тестов каждого из сравниваемых методов стандартной и нестандартной компьютерной периметрии. В связи с этим и с учетом практических рекомендаций из выполненных на кафедре диссертационных исследований по компьютерной периметрии [8, 9] каждый периметрический тест выполняли дважды.

Оценку течения глаукомного процесса в данной группе, в целом, осуществляли, сравнивая средние значения ($\bar{X} \pm m_x$) основных структурных и функциональных показателей при глаукомной оптиконейропатии (ГОН): средние значения размера экскавации в виде соотношения площади экскавации и диска (Cap/Disk Area Ratio), полученные с помощью HRT 3 и Topcon 3D OCT-2000, количество скотом, значение индекса MD, полученные из периметрических тестов, у больных ПОУГ I стадии в начале исследования и через $3,50 \pm 0,68$ года. Эти данные представлены в таблицах 2, 3 и 4.

По результатам структурной оценки ДЗН спустя $3,50 \pm 0,68$ года получена слабо выраженная

Таблица 2. Средние значения размера экскавации, полученные с помощью HRT 3 и Topcon 3D OCT-2000 у пациентов с I стадией ПОУГ

Ретинальный томограф Retinal tomography	Cap/Disk Area Ratio ($\bar{X} \pm m_x$) mm ²	
	I стадия ПОУГ / Stage I of POAG	
	В начале исследования (46 глаз) / At the beginning of the study (46 eyes)	Через $3,50 \pm 0,68$ года (40 глаз) / After 3.50 ± 0.68 years (40 eyes)
HRT 3	$0,40 \pm 0,02$	$0,43 \pm 0,03, p = 0,04$
Topcon 3D OCT-2000	$0,46 \pm 0,03$	$0,49 \pm 0,03, p = 0,07$

Таблица 3. Средние значения количества скотом, выявленных в ЦПЗ с помощью стандартной и нестандартной компьютерной периметрии у пациентов с I стадией ПОУГ

Table 3. The average values of the number of cattle detected in the central nervous system using standard and non-standard computer perimetry in patients with stage I POAG

Стратегия компьютерной периметрии Computer Perimetry strategy	Количество скотом ($n \geq 2$) / Number of cattle ($n \geq 2$) ($\bar{X} \pm m_x$)	
	I стадия ПОУГ / Stage I of POAG	
	В начале исследования (46 глаз) / At the beginning of the study (46 eyes)	Через $3,5 \pm 0,68$ года (40 глаз) / After 3.5 ± 0.68 years (40 eyes)
«24-2» HFA II	$5,49 \pm 0,53$	$7,31 \pm 0,80, p = 0,03$
«FDT-16»	$2,47 \pm 0,31$	$4,92 \pm 0,84, p = 0,01$
«FDT-64»	$13,74 \pm 1,65$	$16,85 \pm 2,51, p = 0,015$

Таблица 4. Средние значения индекса MD по данным стандартной и нестандартной компьютерной периметрии у пациентов с I стадией ПОУГ

Table 4. The average values of the MD index according to standard and non-standard computer perimetry in patients with stage I POAG

Стратегия компьютерной периметрии Computer Perimetry strategy	Индекс MD / MD index ($\bar{X} \pm m_x$)	
	I стадия ПОУГ / Stage I of POAG	
	В начале исследования (46 глаз) / At the beginning of the study (46 eyes)	Через $3,50 \pm 0,68$ года (40 глаз) / After 3.50 ± 0.68 years (40 eyes)
«24-2» HFA II, dB	$-2,39 \pm 0,28$	$0,07 \pm 0,26, p = 0,000$
«FDT-16», отн. ед.	$-0,01 \pm 0,01$	$-0,008 \pm 0,01, p = 0,77$
«FDT-64», отн. ед.	$-0,02 \pm 0,01$	$-0,01 \pm 0,01, p = 0,41$

отрицательная динамика как по данным HRT 3, так и по данным Торсон 3D OCT-2000 (табл. 2). При функциональной оценке ДЗН по критерию количества скотом по результатам как стандартной, так и нестандартной периметрии тоже имеется слабо выраженная отрицательная динамика (табл. 3), в то время как по средним значениям глобального индекса MD наблюдается положительная динамика в состоянии ЦПЗ по результатам «24-2» HFA II и стабилизация по данным обеих пороговых стратегий FDT-периметрии (табл. 4).

Для подтверждения значимости структурно-функциональной оценки состояния ДЗН и поля зрения не только при диагностике, но и мониторинге начальной стадии ПОУГ мы определяли наличие, характер и силу корреляционной связи между структурными и функциональными показателями, полученными при стереоофтальмоскопии и с помощью ретинальных томографов, периметра HFA II («24-2») и двух стратегий FDT-периметрии у пациентов с I стадией ПОУГ (табл. 5).

По нашим данным (табл. 5) корреляционная связь между средними значениями индекса MD и размера экскавации ДЗН по данным стереоофтальмоскопии (Э/Д по Армали) у пациентов с ПОУГ I стадии при мониторинге оказалась отрицательной умеренной силы по результатам «24-2» HFA II, «FDT-16» и «FDT-64» ($r = -0,36$, $r = -0,48$ и $r = -0,31$ соответственно) и во всех случаях статистически значимой ($p = 0,02$, $p = 0,002$ и $p = 0,04$ соответственно).

Корреляционная связь между средними значениями количества скотом и размером экскавации ДЗН по данным стереоофтальмоскопии (Э/Д по Армали) в данной группе оказалась положительной по данным всех трех стратегий стандартной и нестандартной компьютерной

периметрии. Но по результатам «24-2» HFA II и «FDT-64» корреляция была слабой ($r = 0,21$, $r = 0,24$ соответственно) и статистически незначимой ($p = 0,19$ и $p = 0,12$ соответственно), а по данным «FDT-16» — умеренной ($r = 0,34$) и статистически значимой ($p = 0,03$).

По результатам всех пороговых стратегий («24-2» HFA II, «FDT-16», «FDT-64») между средними значениями индекса MD и размера экскавации (Cap/Disk Area Ratio), оцененной с помощью HRT 3, обнаружена отрицательная корреляционная связь: умеренная ($r = -0,39$) статистически значимая ($p = 0,01$) по данным «FDT-16», а по данным «24-2» HFA II и «FDT-64» — слабая ($r = -0,23$, $r = -0,18$ соответственно) и статистически незначимая ($p = 0,14$ и $p = 0,25$ соответственно). По данным томографа Торсон 3D OCT-2000 («Торсон», Япония) при оценке размера экскавации обнаружена отрицательная умеренная статистически значимая корреляционная связь со средними значениями MD как по данным «FDT-16», так и по данным «24-2» HFA II ($r = -0,42$, $p = 0,007$ и $r = -0,30$, $p = 0,05$, соответственно), связь же с данными «FDT-64» была слабо выражена и статистически незначима ($r = -0,22$, $p = 0,16$). При оценке размера экскавации ДЗН с помощью OCT обнаружена положительная слабая статистически незначимая корреляционная связь со средними значениями количества скотом по всем трем стратегиям («24-2» HFA II, «FDT-16» и «FDT-64» — $r = 0,22$, $p = 0,16$, $r = 0,25$, $p = 0,11$ и $r = 0,15$, $p = 0,34$, соответственно) (табл. 5).

В группе пациентов с ПОУГ начальной стадии при проведении мониторинга дополнительно всем выполняли ОКТ с помощью прибора RTVue-100 OCT (Optovue, Inc., Fremont, США) в области макулы (протокол GCC), оценивая следующие показатели: среднюю

Таблица 5. Взаимосвязь средних значений индекса MD, количества скотом по данным трех периметрических стратегий и Э/Д по Армали и Cap/Disk Area Ratio по данным HRT и ОКТ у пациентов с I стадией ПОУГ

Table 5. The relationship between the average values of the MD index, the number of cattle according to 3 perimeter strategies and Armani C/D and Cap/Disk Area Ratio according to HRT and OCT in patients with stage I POAG

	«24-2» HFA II	«FDT-16»	«FDT-64»
	Индекс MD / MD Index		
Э/Д			
C/D	$r = -0,36, p = 0,02$	$r = -0,48, p = 0,002$	$r = -0,31, p = 0,04$
CDR (HRT)	$r = -0,23, p = 0,14$	$r = -0,39, p = 0,010$	$r = -0,18, p = 0,25$
CDR (OCT)	$r = -0,30, p = 0,05$	$r = -0,42, p = 0,007$	$r = -0,22, p = 0,16$
	n-скотом / n-scotomas		
Э/Д			
C/D	$r = 0,21, p = 0,19$	$r = 0,34, p = 0,03$	$r = 0,24, p = 0,12$
CDR (HRT)	$r = 0,13, p = 0,41$	$r = 0,32, p = 0,04$	$r = 0,09, p = 0,55$
CDR (OCT)	$r = 0,22, p = 0,16$	$r = 0,25, p = 0,11$	$r = 0,15, p = 0,34$

Таблица 6. Взаимосвязь средних значений Rim Area, CHBC и показателей НГК сетчатки, полученных с помощью прибора RTVue-100 OCT у пациентов с I стадией ПОУГ

Table 6. The relationship between the average values of Rim Area, RNFL and retinal HGC indicators obtained using the RTVue-100 OCT device in patients with stage I POAG

	GCC av.	GLV	FLV
Rim Area	$r = 0,20, p = 0,202$	$r = -0,15, p = 0,338$	$r = -0,16, p = 0,32$
CHBC / RNFL	$r = 0,79, p = 0,000$	$r = -0,80, p = 0,000$	$r = -0,46, p = 0,002$

толщину КГК сетчатки (GCC av.), объем глобальных потерь ГК сетчатки (GLV) и объем фокальных потерь ГК сетчатки (FLV) (табл. 6). Оценка корреляции показателей КГК сетчатки, указанных выше, и показателей толщины общего СНВС и площади НПП (Rim Area) выполнена с помощью непараметрического метода Спирмена, полученный коэффициент корреляции $r = 0,79$ для значений индексов GCC av. и общей толщины СНВС свидетельствует о наличии положительной сильной статистически значимой ($p = 0,000$) связи между этими показателями. По нашим данным, средние значения индекса Rim Area имели положительную слабую ($r = 0,20$) статистически незначимую ($p = 0,202$) корреляционную связь с данными индекса GCC av. Корреляция между значениями индекса GLV и показателя общей толщины СНВС описывается коэффициентом $r = -0,80$ ($p = 0,000$), что говорит о наличии отрицательной сильной связи между этими индексами. Значения показателя Rim Area с данными индекса GLV имели также отрицательную слабую недостоверную корреляционную связь ($r = -0,15$, $p = 0,338$). При анализе корреляции между данными индекса FLV показателя общей толщины СНВС выявлена отрицательная умеренная достоверная связь ($r = -0,46$, $p = 0,002$), а с данными индекса Rim Area — по-прежнему отрицательная слабая и статистически недостоверная связь ($r = -0,16$, $p = 0,32$) (табл. 6).

Таким образом, благодаря мониторингу глаукомного процесса через $3,50 \pm 0,68$ года из 26 пациентов (40 глаз) дальнейшее прогрессирование глаукомы отмечали только у 3-х пациентов (6 глаз) по причине

несоблюдения гипотензивного режима и нерегулярного наблюдения. Для подтверждения нестабилизированного течения ПОУГ всегда применяли нагрузочные пробы: вакуум-периметрическую пробу В.В. Волкова и соавт. и разработанную нами на основе FDT-периметрии ее модификацию — вакуум-контрастно-частотную пробу [33, 34].

ВЫВОДЫ

1. Корреляционная связь между структурными (размер экскавации по данным стереоофтальмоскопии и томографии) и функциональными (индекс MD по данным новой пороговой стратегии «FDT-64» и периметрии по Humphrey) показателями свидетельствует о целесообразности использования новой стратегии FDT-периметрии в комплексе со стандартной автоматизированной периметрией не только при диагностике начальной стадии глаукомы, но и при оценке ее течения.

2. Уровень чувствительности результатов новой стратегии «FDT-64» (100 %) по сравнению с таковым стратегии «FDT-16» (88 %) у пациентов с начальной стадией глаукомы был выше, в связи с этим стратегию «FDT-64» целесообразно использовать в сложных диагностических случаях функциональной оценки глаукомной оптиконейропатии, особенно при мониторинге глаукомы.

УЧАСТИЕ АВТОРОВ:

Симакова И.Л. — концепция и дизайн исследования, написание текста.

Куликов А.Н. — научное редактирование.

Тихоновская И.А. — сбор и статистическая обработка материала, написание текста.

ЛИТЕРАТУРА / REFERENCES

- Симакова И.Л., Тихоновская И.А. Эффективность различных вариантов периметрии с удвоением пространственной частоты в диагностике некоторых оптиконейропатий. Национальный журнал глаукома. 2022;21(1):23–36. [Simakova I.L., Tikhonovskaya I.A. Evaluation of the effectiveness of frequency doubling technology perimetry in the diagnosis of optic neuropathies. *National Journal of Glaucoma = Natsional'nyi zhurnal glaukoma*. 2022;21(1):23–36 (In Russ.)]. DOI: 10.53432/2078-4104-2022-21-1-23-35
- Iwasaki A., Sugito M. Performance of glaucoma mass screening with only visual field test using Frequency-Doubling Technology perimetry. *American Journal of Ophthalmology*. 2002;134(4):529–537. DOI: 10.1016/s0002-9394(02)01684-7
- Liu S., Yu M., Weinreb R.N., Lai D., Lam D.S.C., Leung C.K.S. Frequency-Doubling Technology Perimetry for Detection of the Development of Visual Field Defects in Glaucoma Suspect Eyes. *JAMA Ophthalmology*. 2014;132(1):77–83. DOI: 10.1001/jamaophthalmol.2013.5511
- Johnson C.A. Screening for glaucomatous visual field loss with Frequency Doubling perimetry. *Investigative Ophthalmology and Visual Science*. 1997;38(2):413–424.
- Zeppieri M., Johnson C.A. Frequency doubling technology (FDT) perimetry. Imaging and perimetry society. 2013. <http://webeye.ophth.uiowa.edu/ips/perimetryhistory/FDP/>
- Balian C. Structure and Function in Early Glaucoma: A thesis presented to the University of Waterloo in the fulfillment of the thesis requirement for the degree of Doctor of Philosophy in Vision Science. Waterloo, Ontario, Canada, 2017. 170 p.
- Addepalli U.K. Validating the ability of a vision technician in detecting glaucoma in a south Indian rural population: [dissertation PhD] University of New South Wales. Australia, Sydney, 2018. 171 p.
- 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 = Glaukoma*. 2010;1:5–11 (In Russ.)].
- Сердюкова С.А., Симакова И.Л. Компьютерная периметрия в диагностике первичной открытоугольной глаукомы. Офтальмологические ведомости. 2018;11(1):54–65. [Serdyukova S.A., Simakova I.L. Computer perimetry in the diagnosis of primary open-angle glaucoma. *Ophthalmology journal = Ophthalmologicheskie vedomosti*. 2018;11(1):54–65 (In Russ.)]. DOI: 10.17816/OV11154-65
- Burgansky-Eliash Z., Wollstein G., Patel A., Bilonick R.A., Ishikawa H., Kagemann L., Dilworth W.D., Schuman J.S. Glaucoma detection with matrix and standard achromatic perimetry. *British Journal of Ophthalmology*. 2007;91(7):933–938.
- Han S., Baek S.N., Kim U.S. Comparison of Three Visual Field Tests in Children: Frequency Doubling Test, 24-2 and 30-2 SITA Perimetry. *Seminars in ophthalmology*. 2017;32(5):647–650. DOI: 10.3109/08820538.2016.1157611
- Iwase A., Tomidokoro A., Araie M. Performance of Frequency-Doubling Technology perimetry in a population-based prevalence survey of glaucoma. *Ophthalmology*. 2007;114(1):27–32.
- Mansberger S.L., Edmunds B., Johnson C.A., Kent K.J., Cioffi G.A. Community visual field screening: prevalence of follow-up and factors associated with follow-up of participants with abnormal frequency doubling perimetry technology results. *Ophthalmic epidemiology*. 2007;14(3):134–140.
- Racette L., Medeiros F.A., Zangwill L.M., Ng D., Weinreb R.N., Sample P.A. Diagnostic accuracy of the Matrix 24-2 and original N-30 frequency-doubling technology tests compared with standard automated perimetry. *Investigative ophthalmology and visual science*. 2008;49(3):954–960.
- Giuffrè I. Frequency Doubling Technology vs Standard Automated Perimetry in Ocular Hypertensive Patients. *Open ophthalmology journal*. 2009;24(3):6–9.
- Choi J.A., Lee N.Y., Park C.K. Interpretation of the Humphrey Matrix 24-2 test in the diagnosis of preperimetric glaucoma. *Japanese journal of ophthalmology*. 2009;53(1):24–30.
- Prokosh V., Eter N. Correlation between early retinal nerve fiber layer loss and visual field loss determined by three different perimetric strategies: white-on-white, frequency-doubling, or flicker-defined form perimetry. *Graefes Archive for Clinical and Experimental Ophthalmology*. 2014;252(10):1599–1606.
- Meira-Freitas D., Tatham A.J., Lisboa R., Kuang T.M., Zangwill L.M., Weinreb R.N., Medeiros F.A. Predicting progression of glaucoma from rates of frequency doubling technology perimetry change. *Ophthalmology*. 2014;121(2):498–507. DOI: 10.1016/j.ophtha.2013.09.016
- Horn F.K., Scharch V., Mardin C.Y., Lämmer R., Kremers J. Comparison of frequency doubling and flicker defined form perimetry in early glaucoma. *Graefes Archive for Clinical and Experimental Ophthalmology*. 2016;254(5):937–946.

И.Л. Симакова, А.Н. Куликов, И.А. Тихоновская

20. Jung K.I., Park C.K. Detection of functional change in preperimetric and perimetric glaucoma using 10-2 matrix perimetry. *American journal of ophthalmology*. 2017;182:35–44. DOI: 10.1016/j.ajo.2017.07.007
21. Park H.Y.L., Lee L., Park C.K. Visual field tests for glaucoma patients with initial macular damage: comparison between frequency-doubling technology and standard automated perimetry using 24-2 or 10-2 visual fields. *Journal of glaucoma*. 2018;27(7):627–634. DOI: 10.1097/IJG.0000000000000977
22. Morejon A., Mayo-Iscar A., Martin R., Ussa F. Development of a new algorithm based on FDT Matrix perimetry and SD-OCT to improve early glaucoma detection in primary care. *Clinical ophthalmology* (Auckland, N.Z.). 2019;13:33–42. DOI: 10.2147/OPTH.S177581
23. Волков В.В. Глаукома открытоугольная. М.: Медицинское информационное агентство, 2008. 347 с. [Volkov V.V. Open-angle glaucoma. Moscow: Medical News Agency; 2008. 347 p. (In Russ.)].
24. Xin D., Greenstein V.C., Ritch R., Liebmann J.M., De Moraes C.G., Hood D.C. A comparison of functional and structural measures for identifying progression of glaucoma. *Investigative ophthalmology and visual science*. 2011;52(1):519–526.
25. Hu R., Wang C., Racette L. Comparison of matrix frequency-doubling technology perimetry and standard automated perimetry in monitoring the development of visual field defects for glaucoma suspect eyes. *PLOS ONE*. 2017;12(5):e0178079 <https://journals.plos.org/plosone/article?id=10.1371/journal.pone.0178079>
26. Wesselink C., Jansoni N.M. Glaucoma progression detection with frequency doubling technology (FDT) compared to standard automated perimetry (SAP) in the Groningen Longitudinal Glaucoma Study. *Ophthalmic and Physiological Optics*. 2017;37(5):594–601. DOI: 10.1111/opo.12401
27. Wall M., Johnson C.A., Zamba K.D. SITA-Standard perimetry has better performance than FDT2 matrix perimetry for detecting glaucomatous progression. *British Journal of Ophthalmology*. 2018;102(10):1396–1401.
28. Brusini P., Salvetti M.L., Zeppieri M., Parisi L. Frequency doubling technology perimetry with the Humphrey Matrix 30-2 test. *Journal of glaucoma*. 2006;15(2):77–83.
29. Liu S., Yu M., Weinreb R.N., Lai G., Lam D.S.C., Leung C.K.S. Frequency-Doubling Technology Perimetry for Detection of the Development of Visual Field Defects in Glaucoma Suspect Eyes. *JAMA Ophthalmology*. 2014;132(1):77–83.
30. Clement C.I., Goldberg I., Healey P.R., Graham S. Humphrey matrix frequency doubling perimetry for detection of visual-field defects in open-angle glaucoma. *British Journal of Ophthalmology*. 2009;93(5):582–588.
31. Большой современный толковый словарь русского языка, 2012. [The Great modern Explanatory Dictionary of the Russian language, 2012 (In Russ.)] <https://slovar.cc/rus/tolk.html>
32. Симакова И.Л., Волков В.В., Бойко Э.В., Клавдиев В.Е., Андреа К., Сергеев В.П. Создание метода периметрии с удвоенной пространственной частотой за рубежом и в России. *Глаукома*. 2009;8(2):15–21. [Simakova I.L., Volkov V.V., Boiko E.V., Klavdiev V.E., Andrea K., Sergeev V.P. Creation of the method of frequency-doubling technology perimetry: an international and Russian experience. *Glaucoma = Glaukoma*. 2009;8(2):15–21 (In Russ.)].
33. Симакова И.Л., Сухинин М.В., Тихоновская И.А., Петунов В.С. Новая нагрузочная проба для выявления и мониторинга глаукомы. *Новости глаукомы*. 2017;1:78–82. [Simakova I.L., Sukhinin M.V., Tikhonovskaya I.A., Petunov V.S. New exercise test for the detection and monitoring of glaucoma. *Glaucoma news = Glaukoma news*. 2017;1:78–82 (In Russ.)].
34. Волков В.В., Симакова И.Л., Тихоновская И.А. Оценка эффективности новой компрессионно-периметрической пробы в ранней диагностике глаукомы. *Офтальмология*. 2020;17(2):229–237. [Volkov V.V., Simakova I.L., Tikhonovskaya I.A. Evaluation of the new compression-perimeter test effectiveness in the early diagnosis of glaucoma. *Ophthalmology = Ophthalmologi*. 2020;17(2):229–237 (In Russ.)]. DOI: 10.18008/1816-5095-2020-2-229-237

СВЕДЕНИЯ ОБ АВТОРАХ

ФГБВОУ ВПО «Военно-медицинская академия имени С.М. Кирова» Министерства обороны Российской Федерации
Симакова Ирина Леонидовна
доктор медицинских наук, доцент кафедры офтальмологии
ул. Боткинская, 21, Санкт-Петербург, 194044, Российская Федерация
<https://orcid.org/0000-0001-8389-0421>

ФГБВОУ ВПО «Военно-медицинская академия имени С.М. Кирова» Министерства обороны Российской Федерации
Куликов Алексей Николаевич
доктор медицинских наук, профессор, начальник кафедры офтальмологии
ул. Боткинская, 21, Санкт-Петербург, 194044, Российская Федерация
<https://orcid.org/0000-0002-5274-6993>

ФГБВОУ ВПО «Военно-медицинская академия имени С.М. Кирова» Министерства обороны Российской Федерации
Тихоновская Ирина Александровна
врач-офтальмолог диагностического отделения клиники офтальмологии
ул. Боткинская, 21, Санкт-Петербург, 194044, Российская Федерация
<https://orcid.org/0000-0002-7518-8437>

ABOUT THE AUTHORS

Military Medical Academy, Ophthalmology Department
Simakova Irina L.
MD., Associate Professor
Botkinskaya str., 21, Saint Petersburg, 194044, Russian Federation
<https://orcid.org/0000-0001-8389-0421>

Military Medical Academy, Ophthalmology Department
Kulikov Aleksey N.
MD, Associate Professor, head of the Ophthalmology department
Botkinskaya str., 21, Saint Petersburg, 194044, Russian Federation
<https://orcid.org/0000-0002-5274-6993>

Military Medical Academy, Ophthalmology Department
Tikhonovskaya Irina A.
ophthalmologist
Botkinskaya str., 21, Saint Petersburg, 194044, Russian Federation
<https://orcid.org/0000-0002-7518-8437>

**BAUSCH + LOMB**

**Офтальмологическая хирургическая
система Stellaris**


ТОРСОН

**Офтальмологический трехмерный
оптический когерентный томограф
DRI OCT Triton**

**A.R.C.
LASER**

**Лазерный
фотодеstructor «Q-Las»**


ТОРСОН

**Операционный микроскоп
OMS-800**

Интраокулярная линза
ENVISTA® / ENVISTA® TORIC

Линза Akreos AO

Линза Akreos AO MI60