

DOI: 10.32364/2311-7729-2023-23-4-1

## Диагностическое значение макулярного кровотока при глаукоме низкого давления

А.Ш. Загидуллина<sup>1</sup>, В.У. Галимова<sup>1</sup>, А.И. Арсланова<sup>1,2</sup>, А.Р. Нугманова<sup>1</sup><sup>1</sup>ФГБОУ ВО БГМУ Минздрава России, Уфа, Россия<sup>2</sup>ГБУЗ РБ ГКБ № 8, Уфа, Россия

### РЕЗЮМЕ

**Цель исследования:** оценить микроциркуляцию макулярной области сетчатки у пациентов с I стадией впервые выявленной глаукомы низкого давления (ГНД) и гипертензивной формой первичной открытоугольной глаукомы (ПОУГ) методом оптической когерентной томографии с ангиографией (ОКТА).

**Материал и методы:** обследованы пациенты в возрасте от 45 до 65 лет с начальной стадией впервые выявленной ГНД (35 человек, 35 глаз), гипертензивной формой ПОУГ (43 человека, 43 глаза) и здоровые лица без офтальмопатологии (50 человек). Всем обследуемым проведена ОКТА макулярной области сетчатки с измерением сосудистой плотности (VD, %) по решетке ETDRS (в центре, парафовеолярно по секторам) и толщины сетчатки с помощью протокола Angio Retina 3.0 на аппарате Optovue XR Avanti с функцией AngioVue (Optovue, США).

**Результаты исследования:** у пациентов с ГНД и ПОУГ выявлено снижение сосудистой плотности в поверхностном сосудистом сплетении. У пациентов с ГНД толщина сетчатки в области Fovea, Parafovea, нижнем и носовых секторах была снижена по сравнению с контрольной группой и коррелировала с показателями сосудистой плотности в Fovea и верхнем секторе Parafovea поверхностного сосудистого сплетения. Уровень фокальных потерь комплекса ганглиозных клеток сетчатки был ниже, чем в контрольной группе, и имел достоверную отрицательную связь слабой силы ( $r=-0,487$ ,  $p<0,01$ ) с показателем сосудистой плотности в области Fovea поверхностного сосудистого сплетения. У пациентов с ПОУГ толщина сетчатки также была снижена в областях Fovea и Parafovea и коррелировала с сосудистой плотностью височного и нижнего секторов Parafovea. Уровень глобальных потерь ганглиозных клеток сетчатки имел отрицательную связь слабой силы ( $r=-0,464$ ,  $p<0,01$ ) с плотностью микроциркуляции в области Fovea поверхностного сосудистого сплетения сетчатки.

**Заключение:** методом ОКТА выявлено снижение сосудистой плотности в поверхностном сосудистом сплетении в начальной стадии заболевания, а статистически значимая разница между ГНД и ПОУГ зарегистрирована в зоне Fovea и Parafovea. Проведенное исследование подтверждает преобладание сосудистых изменений у пациентов с ГНД. Показатели ОКТА поверхностного сосудистого сплетения позволяют выявить изменения микроциркуляции на начальных стадиях глаукомного поражения.

**КЛЮЧЕВЫЕ СЛОВА:** первичная открытоугольная глаукома, глаукома низкого давления, ОКТ, оптическая когерентная томография с ангиографией, показатель сосудистой плотности.

**ДЛЯ ЦИТИРОВАНИЯ:** Загидуллина А.Ш., Галимова В.У., Арсланова А.И., Нугманова А.Р. Диагностическое значение макулярного кровотока при глаукоме низкого давления. Клиническая офтальмология. 2023;23(4):174–180. DOI: 10.32364/2311-7729-2023-23-4-1.

## Diagnostic value of macular blood flow in normal tension glaucoma

A.Sh. Zagidullina<sup>1</sup>, V.U. Galimova<sup>1</sup>, A.I. Arslanova<sup>1,2</sup>, A.R. Nugmanova<sup>1</sup><sup>1</sup>Bashkir State Medical University, Ufa, Russian Federation<sup>2</sup>City Clinical Hospital No. 8, Ufa, Russian Federation

### ABSTRACT

**Aim:** to evaluate macular microcirculation in patients with early newly diagnosed normal tension glaucoma (NTG) and primary open-angle glaucoma (POAG) with elevated IOP using optical coherence tomography angiography (OCTA).

**Patients and Methods:** patients aged 45–65 years with early newly diagnosed NTG (35 patients, 35 eyes) or POAG with elevated IOP (43 patients, 43 eyes) and healthy individuals without ocular disorders ( $n=50$ ) were examined. All patients underwent OCTA by measuring vascular density (VD, %) using the ETDRS grid (central Fovea and Parafovea) and retinal thickness using the Angio Retina 3.0 protocol of the Optovue XR Avanti with the AngioVue function (Optovue, USA).

**Results:** in patients with NTG and POAG, a decrease in vascular density in the superficial choroid plexus was detected. In patients with NTG, retinal thickness in the Fovea, Parafovea, Inferior, and Nasal quadrants was lower than that in the control group and correlated with VD in the Fovea and superior Parafovea of the superficial choroid plexus. The severity of focal losses of the retinal ganglion cell complex was lower than that in the control group and demonstrated a significant weak negative correlation ( $r=-0.487$ ,  $p<0.01$ ) with the vascular density index in the Fovea of the superficial choroid plexus. In patients with POAG, retinal thickness in the Fovea and Parafovea was also reduced and correlated with vascular density in the temporal and inferior Parafovea. The severity of global losses of the retinal ganglion cell complex demonstrated a weak negative correlation ( $r=-0.464$ ,  $p<0.01$ ) with microcirculation density in the Fovea of the superficial retinal choroid plexus.

**Conclusion:** OCTA revealed a decrease in vascular density in the superficial choroid plexus in early glaucoma. Moreover, a significant difference between NTG and POAG in the Fovea and Parafovea was revealed. Our study established the predominance of vascular changes in patients with NTG. OCTA parameters of the superficial choroid plexus identify microcirculation abnormalities at early glaucomatous damage.

**KEYWORDS:** primary open-angle glaucoma, normal tension glaucoma, OCT, optical coherence tomography angiography, vascular density index.

**FOR CITATION:** Zagidullina A.Sh., Galimova V.U., Arslanova A.I., Nugmanova A.R. Diagnostic value of macular blood flow in normal tension glaucoma. *Russian Journal of Clinical Ophthalmology*. 2023;23(4):174–180 (in Russ.). DOI: 10.32364/2311-7729-2023-23-4-1.

## ВВЕДЕНИЕ

Глаукома низкого давления (ГНД) — это клиническая разновидность первичной открытоугольной глаукомы (ПОУГ) с уровнем внутриглазного давления (ВГД) в пределах среднестатистической нормы [1]. Патогенез данного заболевания до конца не изучен. Предлагаются различные теории развития ГНД: сосудистая, механическая, метаболическая [2, 3]. В крупных рандомизированных клинических исследованиях, таких как The Collaborative Normal Tension Glaucoma Study (CNTG) [4] и The Early Manifest Glaucoma Trial (EMGT) [5], было изучено влияние сосудистых факторов на развитие ГНД. Так, наличие мигрени, кровоизлияний в диск зрительного нерва (ДЗН) или низкое систолическое глазное перфузионное давление усугубляют течение заболевания [6–8].

На сегодняшний день разработана и активно применяется в офтальмологической практике методика изучения микроциркуляторного русла ДЗН и макулярной области с помощью оптической когерентной томографии с ангиографией (ОКТА), которая позволяет выполнить качественное и количественное исследование микроциркуляторного русла ДЗН и макулы на различной глубине без введения контрастного вещества [9]. Одним из показателей метрики данного метода является плотность сосудистого русла сетчатки (Vessel Density, VD, %), которая рассчитывается как площадь, занимаемая сосудами в исследуемой зоне, по отношению к площади этой зоны. В исследованиях последних лет у пациентов с глаукомой выявлено снижение данного показателя до появления функциональных изменений со стороны сетчатки и зрительного нерва [10, 11]. Наряду с этим не полностью изучены особенности в изменении микроциркуляции у пациентов с ГНД и гипертензивной формой ПОУГ на начальной стадии заболевания, что и обусловило наше исследование.

**Цель исследования:** оценить микроциркуляцию макулярной области сетчатки у пациентов с I стадией впервые выявленной ГНД и гипертензивной формой ПОУГ методом ОКТА.

## МАТЕРИАЛ И МЕТОДЫ

В диспансерно-амбулаторном отделении микрохирургии глаза ГБУЗ РБ ГKB № 8 г. Уфы обследовано 3 группы пациентов в возрасте от 45 до 65 лет. Протокол исследования был утвержден локальным этическим комитетом ФГБОУ ВО БГМУ Минздрава России. От всех обследуемых лиц было получено добровольное информированное согласие. Первую группу составили 35 пациентов (35 глаз) с впервые выявленной ГНД и исходным уровнем ВГД  $P_i \leq 25$  мм рт. ст. В группу с гипертензивной формой ПОУГ (далее — ПОУГ) вошли 43 пациента (43 глаза) с исходным уровнем ВГД  $P_i \geq 25$  мм рт. ст. Наличие глаукомной оптической нейрооптикопатии начальной стадии было подтверждено морфометрически с помощью ОКТ области ДЗН и макулярной области сетчатки, функционально — характерными изменениями полей зрения по данным компью-

терной периметрии при наличии открытого угла передней камеры глаза.

Критериями исключения явились: наличие сопутствующей патологии (сахарный диабет, хронические аутоиммунные или онкологические заболевания, острые нарушения мозгового кровообращения, черепно-мозговые травмы в анамнезе, прием системных  $\beta$ -адреноблокаторов), ранее перенесенные воспалительные заболевания глаза, аномалии рефракции средней и высокой степени, а также хирургические вмешательства на органе зрения.

Контрольную группу составили 30 соматически здоровых человек (50 глаз), соответствовавших исследуемым пациентам по полу и возрасту.

Всем лицам было проведено стандартное офтальмологическое обследование (визометрия, офтальмотонометрия по Маклакову, компьютерная периметрия (Томеу AP-1000, Германия), гониоскопия, офтальмоскопия, ОКТ-пахиметрия). Дополнительное обследование включало проведение ОКТ области ДЗН, а также ОКТА макулярной области с измерением сосудистой плотности по решетке ETDRS (при сканировании на карту толщины сетчатки наносится ОКТ-решетка, называемая также схемой ETDRS, состоящая из трех концентрических кругов диаметром 1, 3 и 6 мм, с радиальными линиями, разделяющими круги на 4 равные части, кроме центрального (9 стандартных зон)) в центре, парафовеолярно по секторам и толщины сетчатки с помощью протокола Angio Retina 3.0 на аппарате Optovue XR Avanti с функцией AngioVue (Optovue, США).

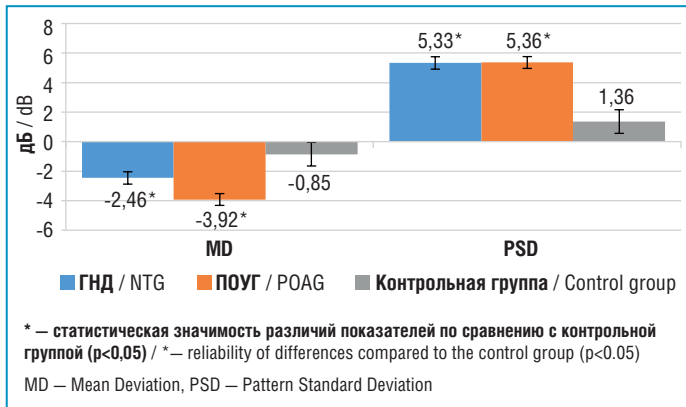
Статистическую обработку полученных данных проводили при помощи программы IBM SPSS Statistics v.23. Для оценки нормальности распределения выборки использовали тест Шапиро — Уилка. Применили стандартные методы описательной статистики с вычислением критерия Манна — Уитни для определения достоверности различий между независимыми выборками с ненормальным распределением. Для изучения корреляции между показателями был использован коэффициент ранговой корреляции Спирмена.

## РЕЗУЛЬТАТЫ И ОБСУЖДЕНИЕ

Начальную стадию заболевания диагностировали у 35 пациентов с впервые выявленной ГНД и у 43 пациентов с ПОУГ. Основную долю в обеих исследуемых группах составили женщины (62,5 и 69,7% соответственно).

По данным статической автоматической периметрии (САП), у пациентов с начальной стадией ГНД и ПОУГ средние значения показателей MD (Mean Deviation, отражающего среднее снижение светочувствительности сетчатки) и PSD (Pattern Standard Deviation, характеризующего выраженность локальных изменений) статистически значимо не различались, но были ниже таковых в контрольной группе (рис. 1).

По данным ОКТ области ДЗН в обеих исследуемых группах отмечалось достоверное снижение показателя толщины слоя нервных волокон сетчатки (СНВС) перипапиллярно



**Рис. 1.** Средние показатели САП у пациентов с I стадией ГНД и ПОУГ в сравнении с контрольной группой

**Fig. 1.** Mean static automated perimetry (SAP) indices in patients with early normal tension glaucoma (NTG) and primary open-angle glaucoma (POAG) compared to the control group

во всех секторах (average) в сравнении с контрольной группой (табл. 1). Статистически значимые различия по данному показателю в группах ГНД и ПОУГ были выявлены в нижнем секторе (inferior).

Нами также были изучены показатели комплекса ганглиозных клеток сетчатки (КГК). Уровни фокальных (FLV, %) и глобальных потерь (GLV, %), отражающие локальные и диффузные поражения КГК соответственно, в обеих исследуемых группах были ниже в сравнении с контролем. FLV достоверно различался в группах ГНД и ПОУГ.

Утверждение о первичном вовлечении макулы в глаукомный процесс до сих пор остается спорным. В исследованиях последних лет особый интерес вызывает область Parafovea, в которой сосредоточено до 50% всех ганглиозных клеток сетчатки [12]. Метод ОКТА позволяет дифференцировать поверхностное и единое глубокое сплетение макулярной области, включающее комплекс внутреннее/наружное сплетение [13].

Поверхностное сосудистое сплетение (ПСС) представлено множественными линейными сосудами и располага-

ется между внутренней пограничной мембраной и линией на 9 мкм выше сочленения внутреннего плексиформного и внутреннего ядерного слоев [14]. По данным различных авторов, при глаукомной оптической нейрооптикопатии именно в ПСС появляются ранние нарушения микроциркуляции сетчатки [15–17].

Показатели VD во всех исследуемых областях макулярной зоны сетчатки у пациентов с начальной стадией ГНД и ПОУГ были достоверно ниже в сравнении с группой контроля (табл. 2).

При сравнении показателя VD между группами пациентов с начальной стадией ГНД и ПОУГ были выявлены статистически значимые различия в областях Fovea, Parafovea и носовом секторе (Nasal).

Нами было проведено исследование средней толщины сетчатки по секторам методом ОКТА (табл. 3). У пациентов с ГНД выявлено ее снижение в сравнении со здоровыми лицами в области Fovea, Parafovea, нижнем и носовом секторах. У пациентов с ПОУГ снижение данного показателя было отмечено в области Fovea и Parafovea. Статистически значимое различие между средней толщиной сетчатки у пациентов с ГНД и ПОУГ обнаружено в фoveальной области.

Нами были изучены корреляции между показателями ОКТА и толщиной сетчатки в макулярной области. У пациентов с I стадией ГНД выявлена достоверная положительная связь средней силы между толщиной сетчатки и показателем VD в ПСС в зоне Fovea ( $r=0,653$ ,  $p<0,001$ ) (рис. 2A), а также положительная связь слабой силы в верхнем секторе Parafovea ( $r=0,337$ ,  $p<0,05$ ) (рис. 2B).

У пациентов с I стадией ПОУГ была выявлена достоверная связь средней силы между показателями толщины сетчатки и VD в височном и нижнем секторах Parafovea ( $r=0,536$ ,  $p<0,001$  и  $r=0,593$ ,  $p<0,001$  соответственно) (рис. 2C, D).

Выявлена корреляция между параметрами ОКТА макулярной области и структурными показателями комплекса КГК: у пациентов с ГНД — достоверная отрицательная связь слабой силы между VD в области Fovea ПСС и FLV ( $r=-0,487$ ,  $p<0,01$ ) (рис. 3A).

**Таблица 1.** Показатели ОКТ области ДЗН и сетчатки у пациентов с I стадией ГНД и ПОУГ

**Table 1.** OCT (optical coherence tomography) parameters of the optic disc and retina in early NTG and POAG

Показатель Parameter	Контрольная группа Control group (n=50)	ГНД NTG (n=35)	ПОУГ POAG (n=43)
Средняя толщина СНВС, мкм / RNFL average, $\mu\text{m}$	103,13 $\pm$ 5,6	91,63 $\pm$ 3,32*	90,91 $\pm$ 5,49*
Толщина СНВС в верхнем секторе, мкм / RNFL superior, $\mu\text{m}$	104,88 $\pm$ 5,5	91,68 $\pm$ 3,76	93,65 $\pm$ 4,71*
Толщина СНВС в нижнем секторе, мкм / RNFL inferior, $\mu\text{m}$	102,01 $\pm$ 5,7	93,23 $\pm$ 3,88*#	88,56 $\pm$ 4,92*
Средняя толщина КГК, мкм / GCC average, $\mu\text{m}$	98,89 $\pm$ 3,0	89,49 $\pm$ 4,76*	90,65 $\pm$ 4,72*
Толщина КГК в верхнем секторе, мкм / GCC superior, $\mu\text{m}$	99,11 $\pm$ 3,22	88,63 $\pm$ 4,46*	91,02 $\pm$ 3,82*
Толщина КГК в нижнем секторе, мкм / GCC inferior, $\mu\text{m}$	99,28 $\pm$ 3,14	89,06 $\pm$ 5,48*	91,39 $\pm$ 4,88*
Объем фокальных потерь, % / FLV, %	0,41 $\pm$ 0,36	1,94 $\pm$ 0,4*#	3,07 $\pm$ 0,76*
Объем глобальных потерь, % / GLV, %	2,63 $\pm$ 0,7	6,18 $\pm$ 2,14*	5,63 $\pm$ 2,5*

**Примечание.** Здесь и в табл. 2–4: \* — статистическая значимость различий показателей при сравнении с контрольной группой ( $p<0,05$ ); # — статистическая значимость различий показателей между группами ГНД и ПОУГ ( $p<0,05$ ).

**Note.** GCC, ganglion cell complex, RNFL, retinal nerve fiber layer. Here and in table 2–4: \*, reliability of differences compared to the control group ( $p<0.05$ ); #, reliability of differences between the NTG and POAG groups ( $p<0.05$ ).

**Таблица 2.** Показатели VD макулярной области сетчатки (%) в ПСС у пациентов с I стадией ГНД и ПОУГ  
**Table 2.** Macular vascular density (%) in the superficial choroid plexus in early NTG and POAG

Сектор исследования / Sector	Контрольная группа / Control group (n=50)	ГНД / NTG (n=35)	ПОУГ / POAG (n=43)
Whole image	52,52±1,84	44,76±2,82 <sup>*</sup>	48,02±3,5 <sup>*</sup>
Superior-Hemi	53,36±2,19	44,67±3,46 <sup>*</sup>	49,05±3,07 <sup>*</sup>
Inferior-Hemi	54,11±3,67	44,85±2,71 <sup>*</sup>	47,66±4,39 <sup>*</sup>
Fovea	23,47±2,44	16,00±2,1 <sup>#</sup>	19,24±1,8 <sup>*</sup>
Parafovea	54,53±1,63	47,95±2,18 <sup>#</sup>	50,29±1,35 <sup>*</sup>
Superior-Hemi	54,18±1,97	48,09±3,68 <sup>*</sup>	50,97±1,25 <sup>*</sup>
Inferior-Hemi	54,74±2,7	47,94±3,36 <sup>*</sup>	50,97±2,57 <sup>*</sup>
Tempo	55,92±4,7	46,91±4,82 <sup>*</sup>	46,59±1,6 <sup>*</sup>
Superior	55,41±1,97	49,45±4,81 <sup>*</sup>	49,12±2,03 <sup>*</sup>
Nasal	55,73±3,07	45,93±2,06 <sup>#</sup>	48,67±1,57 <sup>*</sup>
Inferior	55,76±2,14	49,92±3,6 <sup>*</sup>	49,4±1,62 <sup>*</sup>

**Таблица 3.** Средние показатели толщины макулярной области сетчатки (мкм) у пациентов с I стадией ГНД и ПОУГ  
**Table 3.** Macular thickness ( $\mu\text{m}$ ) in early NTG and POAG

Сектор исследования / Sector	Контрольная группа / Control group (n=50)	ГНД / NTG (n=35)	ПОУГ / POAG (n=43)
Whole image	310,5±14,5	303,9±13,6	308,8±17,8
Superior-Hemi	314,8±15,14	303,6±13,32	305,5±15,83
Inferior-Hemi	319,7±18,09	303,5±13,59	308,4±16,19
Fovea	265,5±7,69	239,1±4,94 <sup>*</sup>	251,1±4,97 <sup>*</sup>
Parafovea	324±5,03	305±6,28 <sup>*</sup>	310,8±5,29 <sup>*</sup>
Superior-Hemi	324,4±13,38	303,6±14,74	319,0±13,01
Inferior-Hemi	320,2±15,38	304,6±5,36 <sup>*</sup>	311,8±15,46
Tempo	314,9±15,46	307,2±15,04	312,5±10,51
Superior	320,7±16,92	317±19,05	317,7±18,1
Nasal	322,4±15,84	299,6±7,34 <sup>*</sup>	319,6±18,5
Inferior	319,5±17,45	316,5±18,97	316,6±16,72

У пациентов с ПОУГ в области Parafovea была определена достоверная отрицательная связь слабой силы показателя VD зоны ПСС с GLV ( $r=-0,464$ ,  $p<0,01$ ) (рис. 3В).

Глубокое сосудистое сплетение (ГСС) включает в себя наружный плексиформный слой и 50% наружных отделов внутреннего ядерного слоя [11].

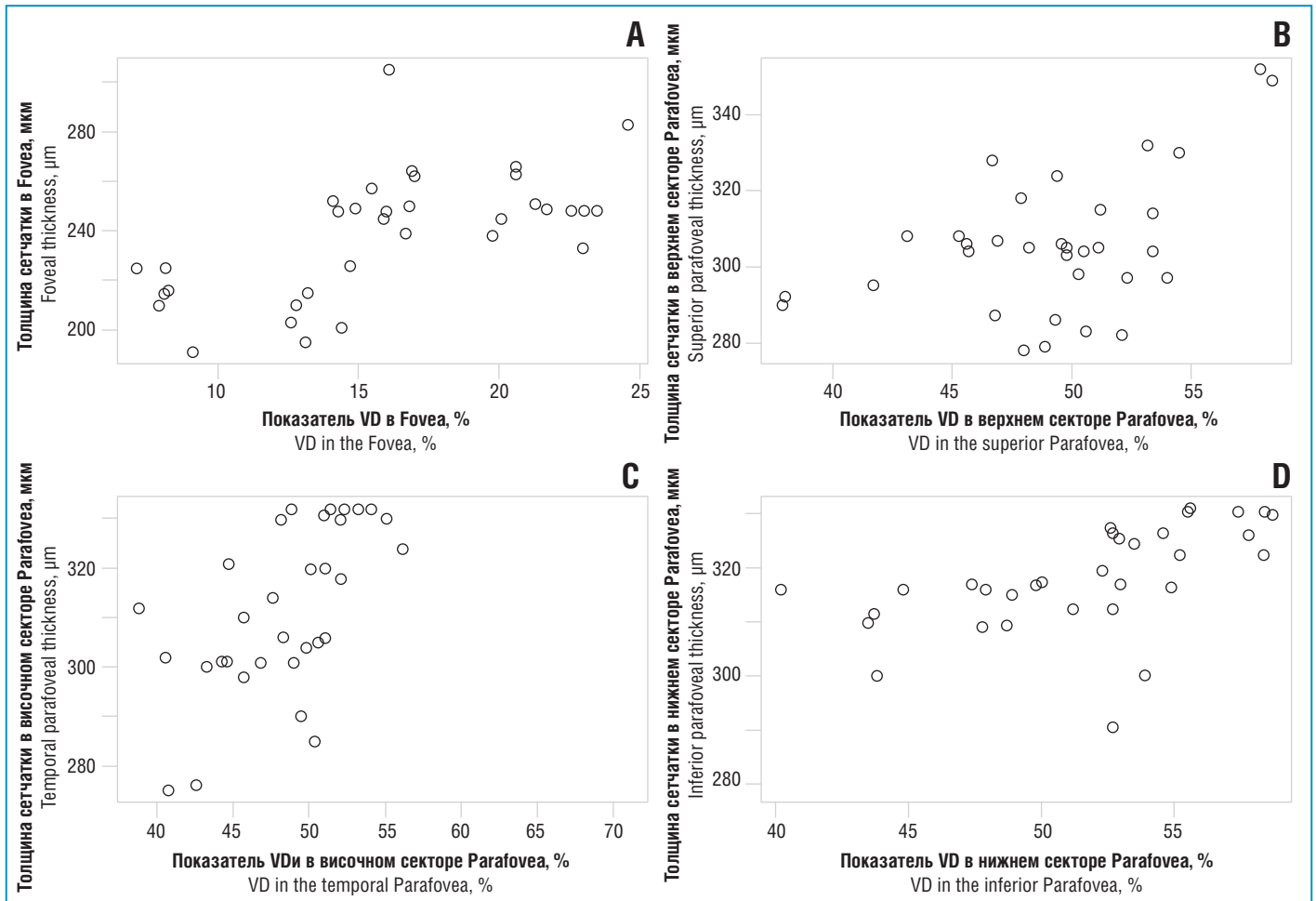
В таблице 4 представлены показатели VD ГСС у пациентов с I стадией ГНД и ПОУГ.

В области Fovea ГСС у пациентов с ГНД и ПОУГ были выявлены достоверно более низкие значения показателя VD в сравнении с контрольной группой. В остальных секторах статистически значимого снижения данного показателя не зарегистрировано, что может быть связано с отсутствием вовлечения ГСС в патологический процесс при начальной стадии заболевания.

Статистически значимое различие сосудистой плотности сетчатки у пациентов с ГНД и ПОУГ наблюдалось также только в области Fovea.

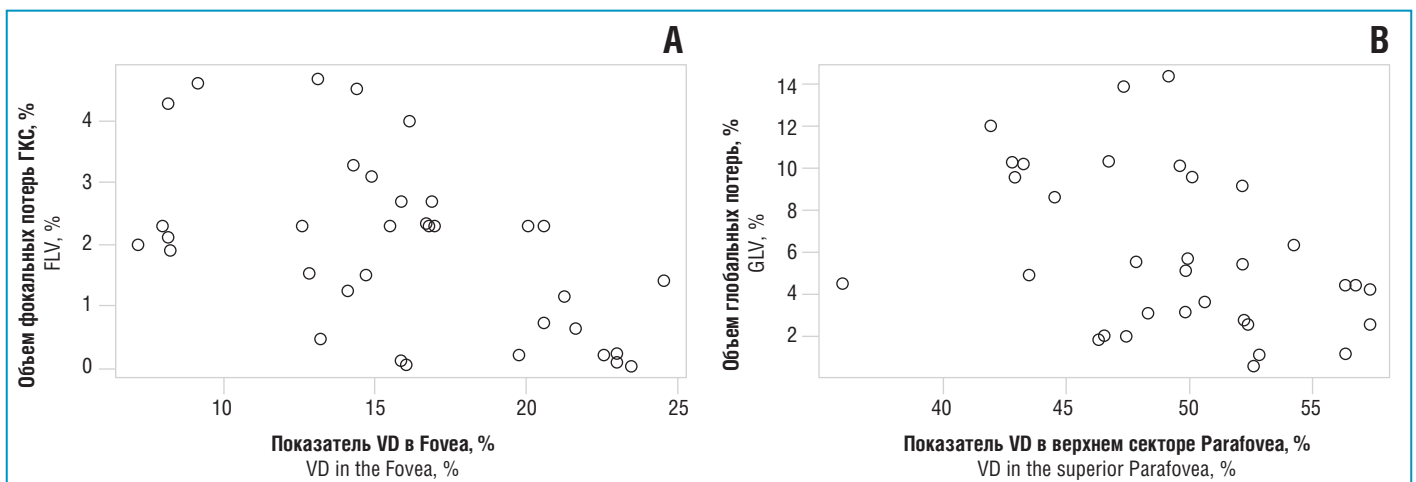
По результатам исследования корреляционных связей между показателями VD в ГСС и толщиной сетчатки макулярной области не выявлено.

Полученные нами данные согласуются с результатами других исследований. Так, методом ОКТА определено, что плотность микроциркуляции в ГСС на здоровых глазах выше, чем в ПСС. Изменения микроциркуляции при ПОУГ в ГСС наблюдаются в основном на поздних стадиях заболевания [18–21]. Наиболее выраженные изменения выявлены в ПСС макулярной области. Так, А.С. Onishi et al. [22] отмечали значительное снижение плотности сосудистой микроциркуляции в парафовеолярной области сетчатки у пациентов как с ГНД, так и с ПОУГ. В исследованиях Н. Ху et al. [23] толщина сетчатки в парафовеолярной области у пациентов с ГНД была значительно ниже, чем с ПОУГ. До сих пор остается невыясненным, являются ли эти изменения первичными или возникают вследствие структурных изменений сетчатки [24].



**Рис. 2.** Графическое изображение корреляционной связи между VD и средней толщиной сетчатки у пациентов: А — с I стадией ГНД в области Fovea; В — с I стадией ГНД в верхнем секторе Parafovea; С — с I стадией ПОУГ в височном секторе Parafovea; D — с I стадией ПОУГ в нижнем секторе Parafovea

**Fig. 2.** Schematic image of the correlation between vascular density (VD) and mean retinal thickness in patients with: A, NTG in the Fovea; B, early NTG in the superior Parafovea; C, early POAG in the temporal Parafovea; D, early POAG in the inferior Parafovea



**Рис. 3.** Графическое изображение корреляционной связи: А — между VD в области Fovea и показателем FLV у пациентов с I стадией ГНД; В — между VD в Parafovea и показателем GLV у пациентов с I стадией ПОУГ

**Fig. 3.** Schematic image of the correlation between: A, VD in the Fovea and Focal loss volume (FLV) in early NTG; B, VD in the Parafovea and Global loss volume GLV in early POAG

**ЗАКЛЮЧЕНИЕ**

По результатам нашего исследования в начальной стадии глаукомы у пациентов с ГНД и ПОУГ статистически значимо различались показатели СНВС в нижнем секто-

ре перипапиллярно и FLV ГСС по данным ОКТ сетчатки и ДЗН. Снижение плотности микроциркуляции в ПСС наблюдалось уже в начальных стадиях заболеваний, а статистически значимая разница между ГНД и ПОУГ имела

**Таблица 4.** Показатели VD макулярной области сетчатки (%) в ГСС у пациентов с I стадией ГНД и ПОУГ  
**Table 4.** Macular vascular density (%) in the deep choroid plexus in early GND and POAG

Сектор исследования / Sector	Контрольная группа / Control group (n=50)	ГНД / NTG (n=35)	ПОУГ / POAG (n=43)
Whole image	55,56±3,63	51,58±4,58	53,17±5,43
Superior-Hemi	54,8±3,73	51,89±4,63	53,17±4,59
Inferior-Hemi	55,6±4,65	51,95±4,67	53,04±5,7
Fovea	36,48±2,29	29,96±1,06 <sup>#</sup>	33,72±1,23 <sup>*</sup>
Parafovea	56,21±3,64	54,66±4,92	54,72±4,63
Superior-Hemi	56,59±3,26	54,11±7,33	53,89±4,18
Inferior-Hemi	57,07±3,96	53,78±5,39	54,75±5,65
Tempo	56,63±4,33	54,16±4,39	54,44±5,03
Superior	56,82±4,18	54,5±5,23	54,37±4,56
Nasal	57,51±3,91	55±3,97	54,86±5,65
Inferior	57,27±4,04	54,53±6,56	56,13±5,2

в зоне Fovea и Parafovea, что может свидетельствовать о различном вкладе сосудистого компонента в патогенез болезни.

У пациентов с ГНД выявлена прямая корреляционная связь между показателем сосудистой плотности ПСС с толщиной сетчатки в Fovea и Parafovea ( $r=0,653$ ,  $p<0,001$  и  $r=0,337$ ,  $p<0,05$  соответственно) и отрицательная связь слабой силы с FLV ГКГ ( $r=-0,487$ ,  $p<0,01$ ) в начальных стадиях заболевания. Таким образом, проведенное исследование подтверждает наличие ранних и выраженных нарушений в ПСС макулярной области сетчатки у пациентов с ГНД, указывая на преобладание сосудистого компонента в патогенезе заболевания. ОКТА является обоснованным методом для ранней диагностики глаукомной оптической нейрооптикотопии.

#### Литература / References

- Петров С.Ю. Современный взгляд на глаукому нормального давления. Вестник офтальмологии. 2020;136(6):57–64. DOI: 10.17116/oftalma202013606157. [Petrov S.Yu. Modern view on normal-tension glaucoma. The Russian Annals of Ophthalmology=Vestnik oftalmologii. 2020;136(6):57–64 (in Russ.). DOI: 10.17116/oftalma202013606157.]
- Макогон С.И., Макогон А.С. Некоторые аспекты сосудистой теории развития и прогрессирования первичной открытоугольной глаукомы. Обзор литературы. Часть 1. Офтальмология. 2019;16(1):12–18. DOI: 10.18008/1816-5095-2019-1-12-18. [Makogon S.I., Makogon A.S. Some Aspects of Vascular Theory of Development and Progression of Primary Open-Angle Glaucoma (Literature Review). Part 1. Ophthalmology in Russia. 2019;16(1):12–18 (in Russ.). DOI: 10.18008/1816-5095-2019-1-12-18.]
- Симакова И.Л., Сулейманова А.Р. Современный подход к диагностике глаукомы нормального давления с учетом особенностей ее патогенеза. Офтальмологические ведомости. 2020;13(1):53–64. DOI: 10.17816/OV19425. [Simakova I.L., Suleimanova A.R. Modern approach to the diagnosis of normal tension glaucoma taking into account the features of its pathogenesis. Ophthalmology Reports. 2020;13(1):53–64 (in Russ.). DOI: 10.17816/OV19425.]
- Астахов Ю.С., Неведова Д.М., Тургель В.А. Мигрень как фактор риска развития глаукомы. Регионарное кровообращение и микроциркуляция. 2016;15(4):17–29. DOI: 10.24884/1682-6655-2016-15-4-17-29. [Astakhov Yu.S., Nefedova D.M., Turgel V.A. Migraine as a risk factor for glaucoma. Regional blood circulation and microcirculation. 2016;15(4):17–29 (in Russ.). DOI: 10.24884/1682-6655-2016-15-4-17-29.]
- Касимов Э.М., Эфендиева М.Э., Мамедзаде А.Н. Мониторинг сосудистой дисрегуляции при нормотензивной глаукоме. Офтальмология. 2013;10(2):54–57. DOI: 10.18008/1816-5095-2013-2-54-57. [Kasimov E.M., Efendiyeva M.E., Mamedzade A.N. Monitoring of vascular dysregulation in normotensive glaucoma. Ophthalmology in Russia. 2013;10(2):54–57 (in Russ.). DOI: 10.18008/1816-5095-2013-2-54-57.]

- Конежка К., Чакайтиль Т.Н., Френкль Ш. Первичная сосудистая дисрегуляция и глаукома. Национальный журнал глаукома. 2015;14(1):20–26. [Konieczka K., Cackathayil T.N., Fränkl S. Primary vascular dysregulation and glaucoma. Natsional'nyj zhurnal glaukoma. 2015;14(1):20–26 (in Russ.).]
- Канченска К., Рич Р., Траверсо К.Э. и др. Синдром Фламмера. Национальный журнал глаукома. 2016;15(4):3–11. [Konieczka K., Ritch R., Traverso C.E. et al. Flammer syndrome. Natsional'nyj zhurnal glaukoma. 2016;15(4):3–11 (in Russ.).]
- Pushpa R., Nurull Bahya S., Mimiwati Z. et al. Low nocturnal diastolic ocular perfusion pressure as a risk factor for NTG progression: a 5-year prospective study. Eye (Lond). 2018;32(7):1183–1189. DOI: 10.1038/s41433-018-0057-8.
- Курышева Н.И., Маслова Е.В., Трубилина А.В., Фомин А.В. ОКТ-ангиография и цветное доплеровское картирование в исследовании гемоперфузии сетчатки и зрительного нерва при глаукоме. Офтальмология. 2016;13(2):102–110. [Kuryshva N.I., Maslova E.V., Trubulina A.V., Fomin A.V. OCT angiography and Color Doppler Imaging in the study of hemoperfusion in the retina and optic nerve in POAG. Ophthalmology in Russia. 2016;13(2):102–110 (in Russ.). DOI: 10.18008/1816-5095-2016-2-102-110.]
- Ning Fan, Junkai Tan, Xuyang Liu. Is "normal tension glaucoma" glaucoma? Med Hypotheses. 2019;133:109405. DOI: 10.1016/j.mehy.2019.109405.
- Курышева Н.И. ОКТ-ангиография и ее роль в исследовании ретиальной микроциркуляции при глаукоме (часть 1). Российский офтальмологический журнал. 2018;11(2):82–86. DOI: 10.21516/2072-0076-2018-11-2-82-86. [Kuryshva N.I. OCT angiography and its role in the study of retinal microcirculation in glaucoma (part 1). Russian Ophthalmological Journal. 2018;11(2):82–86 (in Russ.). DOI: 10.21516/2072-0076-2018-11-2-82-86.]
- Волкова Н.В., Шуко А.Г., Юрвева Т.Н. ОКТ- и ОКТ-ангиографические параметры интраокулярного кровотока у здоровых лиц зрелой возрастной группы. Национальный журнал глаукома. 2021;20(2):313. [Volkova N.V., Shchuko A.G., Iureva T.N. OCT and OCT-angiography parameters of intraocular blood flow in healthy adults. Natsional'nyj zhurnal glaukoma. 2021;20(2):3–13 (in Russ.). DOI: 10.53432/2078-4104-2021-20-2-3-13.]
- Kim K.E., Park K. Update on the Prevalence, etiology, siagnosis, and monitoring of normal-tension glaucoma. Asia Pac J Ophthalmol (Phila). 2016;5(1):23–31. DOI: 10.1097/APO.0000000000000177.
- Курышева Н.И. Сосудистая теория патогенеза глаукомной оптиконеуропатии: обоснование с позиций анатомии и физиологии глазного кровотока. Часть 1. Национальный журнал глаукома. 2017;16(3):90–97. [Kuryshva N.I. Vascular theory of the glaucomatous optic neuropathy pathogenesis: rationale in terms of ocular blood flow anatomy and physiology. Part 1. Natsional'nyj zhurnal glaukoma. 2017;16(3):90–97 (in Russ.).]
- Курышева Н.И. Сосудистая теория патогенеза глаукомной оптиконеуропатии: основные аспекты, формирующие сосудистую теорию патогенеза глаукомы. Часть 3. Национальный журнал глаукома. 2018;17(1):101–112. DOI: 10.25700/NJG.2018.01.10. [Kuryshva N.I. Vascular theory of the glaucomatous optic neuropathy pathogenesis: the leading concepts of vascular theory. Part 3. Natsional'nyj zhurnal glaukoma. 2018;17(1):101–112 (in Russ.). DOI: 10.25700/NJG.2018.01.10.]
- Wang X., Jiang C., Ko T. et al. Correlation between optic disc perfusion and glaucomatous severity in patients with open-angle glaucoma: an optical coherence tomography angiography study. Graefes Arch Clin Exp Ophthalmol. 2015;253(9):1557–1564. DOI: 10.1007/s00417-015-3095-y.

17. Takusagawa H., Liu L., Ma K.N. et al. Projection-Resolved Optical Coherence Tomography Angiography of Macular Retinal Circulation in Glaucoma. *Ophthalmology*. 2017;124(11):1589–1599. DOI: 10.1016/j.ophtha.2017.06.002.
18. Killer H.E. Normal tension glaucoma: review of current understanding and mechanisms of the pathogenesis. *Eye (Lond)*. 2018;32:924–930. DOI: 10.1038/s41433-018-0042-2.
19. Mei-Ji Chen. Normal tension glaucoma in Asia: Epidemiology, pathogenesis, diagnosis, and management. *Taiwan J Ophthalmol*. 2020;10:250–254. DOI: 10.4103/tjo.tjo\_30\_20.
20. Han Y.S., Ha A., Kim Y.K. et al. Normal-tension glaucoma management: a survey of glaucoma sub-specialists in Korea. *Korean J Ophthalmol*. 2020;34(6):425–431. DOI: 10.3341/kjo.2020.0061.
21. Глазко Н.Г., Егоров А.Е. Мониторинг эффективности нейропротекторной терапии глаукомной оптической нейропатии по данным ОКТ-ангиографии. *Клиническая офтальмология*. 2020;20(1):2–7. DOI: 10.32364/2311-7729-2020-1-2-7.
- [Glazko N.G., Egorov A.E. Monitoring the effectiveness of neuroprotective therapy of glaucoma optic neuropathy according to OCT angiography. *Clinical ophthalmology*. 2020;20(1):2–7 (in Russ.)]. DOI: 10.32364/2311-7729-2020-1-2-7.
22. Onishi A.C., Treister A.D., Nester P.L. et al. Parafoveal vessel changes in primary open-angle glaucoma and normal-tension glaucoma using optical coherence tomography angiography. *Clin Ophthalmol*. 2019;13:1935–1945. DOI: 10.2147/OPTH.S206288.
23. Xu H., Zhai R., Zong Y. et al. Comparison of retinal microvascular changes in eyes with high-tension glaucoma or normal-tension glaucoma: a quantitative optic coherence tomography angiography study. *Graefes Arch Clin Exp Ophthalmol*. 2018;256(6):1179–1186. DOI: 10.1007/s00417-018-3930-z.
24. Егоров Е.А., Алексеев В.Н., Газизова И.Р., Мартынова Е.Б. Патоморфология центральных отделов зрительного анализатора при глаукоме. *РМЖ. Клиническая офтальмология*. 2017;1:1–3. DOI: 10.21689/2311-7729-2017-1-1-3.
- [Egorov E.A., Alekseev V.N., Gazizova I.R., Martynova E.B. Pathological changes of the central part of the visual analyzer in glaucoma. *RMJ. Clinical ophthalmology*. 2017;1:1–3 (in Russ.)]. DOI: 10.21689/2311-7729-2017-1-1-3.

#### СВЕДЕНИЯ ОБ АВТОРАХ:

**Загидуллина Айгуль Шамилевна** — д.м.н., доцент кафедры офтальмологии с курсом ИДПО ФГБОУ ВО БГМУ Минздрава России; 450008, Россия, г. Уфа, ул. Ленина, д. 3; ORCID iD 0000-0002-8495-0163.

**Галимова Венера Узбековна** — д.м.н., профессор кафедры офтальмологии с курсом ИДПО ФГБОУ ВО БГМУ Минздрава России; 450008, Россия, г. Уфа, ул. Ленина, д. 3; ORCID iD 0000-0002-1610-108X.

**Арсланова Айгуль Ирековна** — аспирант кафедры офтальмологии с курсом ИДПО ФГБОУ ВО БГМУ Минздрава России; 450008, Россия, г. Уфа, ул. Ленина, д. 3; врач-офтальмолог ГБУЗ РБ ГКБ № 8; 450115, Россия, г. Уфа, ул. 40 лет Октября, д. 1; ORCID iD 0009-0008-6442-0676.

**Нугманова Альбина Ринатовна** — аспирант кафедры офтальмологии с курсом ИДПО ФГБОУ ВО БГМУ Минздрава России; 450008, Россия, г. Уфа, ул. Ленина, д. 3; ORCID iD 0000-0001-7815-9845.

**Контактная информация:** Загидуллина Айгуль Шамилевна, e-mail: aigul.zagidullina@gmail.com.

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

**Конфликт интересов отсутствует.**

**Статья поступила 01.06.2023.**

**Поступила после рецензирования 27.06.2023.**

**Принята в печать 20.07.2023.**

#### ABOUT THE AUTHORS:

**Aygul' Sh. Zagidullina** — Dr. Sc. (Med.), associate professor of the Department of Ophthalmology with the Course of Additional Professional Education, Bashkir State Medical University; 3, Lenin str., Ufa, 450008, Russian Federation; ORCID iD 0000-0002-8495-0163.

**Venera U. Galimova** — Dr. Sc. (Med.), professor of the Department of Ophthalmology with the Course of Additional Professional Education, Bashkir State Medical University; 3, Lenin str., Ufa, 450008, Russian Federation; ORCID iD 0000-0002-1610-108X.

**Aygul' I. Arslanova** — postgraduate student of the Department of Ophthalmology with the Course of Additional Professional Education, Bashkir State Medical University; 3, Lenin str., Ufa, 450008, Russian Federation; ophthalmologist, City Clinical Hospital No. 8; 40 Years of October str., Ufa, Russian Federation; ORCID iD 0009-0008-6442-0676.

**Al'bina R. Nugmanova** — postgraduate student of the Department of Ophthalmology with the Course of Additional Professional Education, Bashkir State Medical University; 3, Lenin str., Ufa, 450008, Russian Federation; ORCID iD 0000-0001-7815-9845.

**Contact information:** Aygul' Sh. Zagidullina, e-mail: aigul.zagidullina@gmail.com.

**Financial Disclosure:** no authors have a financial or property interest in any material or method mentioned.

**There is no conflict of interest.**

**Received 01.06.2023.**

**Revised 27.06.2023.**

**Accepted 20.07.2023.**