

А.Ш. Загидуллина<sup>1</sup>, В.У. Галимова<sup>1</sup>, А.И. Арсланова<sup>1,2</sup>  
**СРАВНИТЕЛЬНЫЙ АНАЛИЗ ПОКАЗАТЕЛЕЙ ОКТ-АНГИОГРАФИИ  
 МАКУЛЯРНОЙ ОБЛАСТИ СЕТЧАТКИ У ПАЦИЕНТОВ  
 С ГЛАУКОМОЙ НИЗКОГО ДАВЛЕНИЯ И ГИПЕРТЕНЗИВНОЙ  
 ФОРМОЙ ПЕРВИЧНОЙ ОТКРЫТОУГОЛЬНОЙ ГЛАУКОМЫ**

<sup>1</sup>ФГБОУ ВО «Башкирский государственный медицинский университет»

Минздрава России, г. Уфа

<sup>2</sup>ГБУЗ РБ «Городская клиническая больница № 8» г. Уфа

*Цель исследования* – сравнить методом оптической когерентной томографии с ангиографией (ОКТА) показатели микроциркуляции макулярной области сетчатки у пациентов со II стадией впервые выявленной глаукомы низкого давления (ГНД) и гипертензивной формы первичной открытоугольной глаукомы (ПОУГ).

*Материал и методы.* В диспансерно-амбулаторном отделении микрохирургии глаза ГБУЗ РБ ГКБ №8 г. Уфы обследованы 3 группы пациентов в возрасте от 45 до 65 лет. Первую группу составили 30 больных (30 глаз) с развитой стадией впервые выявленной глаукомы низкого давления. Во вторую группу вошли 45 пациентов (45 глаз) со II стадией ПОУГ гипертензивной формы (далее ПОУГ). Контрольную (третью) группу составили 50 относительно здоровых лиц без глаукомы и сопутствующей офтальмопатологии (50 глаз). Все пациенты были сопоставимы по полу и возрасту. Офтальмологическое обследование включало в себя ОКТА макулярной области с измерением сосудистой плотности на аппарате Optovue XR Avanti с функцией AngioVue (Optovue, США).

*Результаты.* По данным исследования статически значимые различия показателей сосудистой плотности сетчатки у пациентов с ГНД и ПОУГ зарегистрированы в поверхностном сосудистом сплетении области Parafovea. При этом нарушения микроциркуляции как в поверхностном, так и в глубоком сосудистых сплетениях макулы были более выражены в группе больных с ПОУГ. У пациентов со II стадией ГНД показатель сосудистой плотности поверхностного сосудистого сплетения имел положительную корреляционную связь слабой силы в Fovea толщиной сетчатки данной области ( $r=0,464^*$ ,  $p<0,05$ ), а в области Parafovea – отрицательную корреляционную связь средней силы с уровнем глобальных потерь комплекса ганглиозных клеток сетчатки ( $r=-0,528^*$ ,  $p<0,05$ ). Полученные результаты свидетельствуют о возможностях применения ОКТА для оценки степени поражения макулярной области сетчатки при глаукомной оптической нейрооптикопатии у пациентов с развитой стадией как глаукомы низкого давления, так и глаукомы гипертензивной формы заболевания.

**Ключевые слова:** глаукома низкого давления, оптическая когерентная томография с ангиографией, плотность микроциркуляции, первичная открытоугольная глаукома.

A.Sh. Zagidullina, V.U. Galimova, A.I. Arslanova  
**COMPARATIVE ANALYSIS OF OCT-ANGIOGRAPHY IN MACULAR REGION  
 OF RETINA IN PATIENTS WITH LOW TENSION GLAUCOMA  
 AND HYPERTENSIVE FORM OF PRIMARY OPEN-ANGLE GLAUCOMA**

The purpose of the study was to compare the microcirculation parameters of the macular region of the retina using optical coherence tomography with angiography (OCTA) in patients with stage II newly diagnosed low-tension glaucoma (LTG) and the hypertensive form of primary open-angle glaucoma (POAG).

*Material and methods.* In the dispensary and outpatient department of eye microsurgery of the State Budgetary Healthcare Institution of the Republic of Bashkortostan, Clinical Hospital 8, Ufa, 3 groups of patients aged 45 to 65 years old were examined. The first group consisted of 30 patients (30 eyes) with an advanced stage of newly diagnosed low-tension glaucoma. The second group included 45 patients (45 eyes) with stage II hypertensive form of POAG (hereinafter referred to as POAG). The control (third) group consisted of 50 relatively healthy people without glaucoma and concomitant ophthalmopathology (50 eyes). All patients were comparable by gender and age. The ophthalmological examination included OCTA of the macular area with measurement of vascular density using an Optovue XR Avanti device with the AngioVue function (Optovue, USA).

*Results.* According to the study, statically significant differences in retinal vascular density in patients with LTG and POAG were recorded in the superficial choroid plexus of the Parafovea region, while microcirculation disorders in both the superficial and deep vascular plexuses of the macula were more pronounced in the group of patients with POAG. In patients with stage II LTG, the indicator of vascular density of the superficial choroid plexus had a positive correlation of weak strength in Fovea with the thickness of the retina in this area ( $r=0.464^*$ ,  $p<0.05$ ), and in the Parafovea region - a negative correlation of medium strength with the level global loss of the retinal ganglion cell complex ( $r=-0.528^*$ ,  $p<0.05$ ). The results obtained indicate the possibility of using OCTA to assess the degree of damage to the macular region of the retina in glaucomatous optic neuro-opticopathy in patients with an advanced stage of both low-tension glaucoma and the hypertensive form of the disease.

**Key words:** low tension glaucoma, optical coherence tomography angiography, vessel density, primary open-angle glaucoma.

Глаукомная оптическая нейрооптикопатия – это прогрессирующее заболевание, приводящее к потере ганглиозных клеток сетчатки, сужению полей зрения и необратимой слепоте [2]. Наиболее значимым фактором риска развития и прогрессирования первичной открытоугольной глаукомы (ПОУГ) является уровень внутриглазного давления (ВГД). Существует клиническая форма ПОУГ, при которой уровень ВГД сохраняется в пределах

среднепопуляционной нормы – глаукома низкого давления (ГНД). На сегодняшний день патогенез данного заболевания полностью не изучен. Предлагаются различные теории развития ГНД, основной из которых является сосудистая [1,10].

Для оценки кровотока зрительного нерва и макулярной области сетчатки разработана и активно применяется в повседневной практике оптическая когерентная томография

с функцией ангиографии (ОКТА). Данный метод является неинвазивным и позволяет выявить нарушения микроциркуляции диска зрительного нерва (ДЗН) и сетчатки на различной глубине. Современное программное обеспечение визуализирует поверхностное (ПСС) и глубокое сосудистые сплетения (ГСС) макулярной области, а также радиальное перипапиллярное сплетение ДЗН (Radial Papillary Capillaries, RPC) [3,17].

У пациентов с глаукомой при ОКТА выявлено снижение показателей сосудистой плотности сетчатки (Vessel density, VD, %) до появления функциональных изменений [8,9,20,26,27]. Актуальным представляется изучение особенностей микроциркуляции макулярной области сетчатки и ДЗН у пациентов с ГНД и гипертензивной формой ПОУГ в сравнительном аспекте.

Цель исследования – сравнить методом ОКТА показатели микроциркуляции макулярной области сетчатки у пациентов со II стадией впервые выявленной ГНД и гипертензивной формой ПОУГ.

#### Материал и методы

С декабря 2020 г. по апрель 2023 г. в диспансерно-амбулаторном отделении микрохирургии глаза ГБУЗ РБ ГKB №8 г. Уфы обследованы 3 группы пациентов в возрасте от 45 до 65 лет. Первую группу составили 30 больных (30 глаз) с развитой стадией впервые выявленной глаукомой низкого давления. Во вторую группу вошли 45 пациентов (45 глаз) со II стадией гипертензивной формы ПОУГ (далее ПОУГ). Третью (контрольную) группу составили 50 относительно здоровых лиц без глаукомы и сопутствующей офтальмопатологии (50 глаз). Все пациенты были сопоставимы по полу и возрасту.

Критериями включения в I и II группы явились: для пациентов с ГНД уровень ВГД  $P_t \leq 25$  мм рт. ст., для пациентов с ПОУГ –  $P_t > 25$  мм рт. ст. Диагноз подтверждали с помощью оптической когерентной томографии (ОКТ) ДЗН и макулярной области сетчатки, а также по данным компьютерной периметрии.

В исследование не вошли пациенты с сопутствующей соматической патологией (сахарный диабет, хронические аутоиммунные или онкологические заболевания, острые нарушения мозгового кровообращения, че-

репно-мозговые травмы в анамнезе, прием системных бета-блокаторов), с ранее перенесенными хирургическими вмешательствами на органе зрения, воспалительными заболеваниями глаза, аномалиями рефракции средней и высокой степеней.

Всем лицам было проведено полное офтальмологическое обследование (визометрия, офтальмотонометрия по Маклакову, компьютерная периметрия (Tomey AP-1000, Германия), гониоскопия, офтальмоскопия, ОКТ-пахиметрия). Морфометрическое исследование ДЗН проводилось на аппарате Optovue XR Avanti AngioVue (Optovue, США) в режимах 3D Disk, ONH и GCC. Дополнительное изучение микроциркуляции макулярной области сетчатки проведено с помощью ОКТА с измерением сосудистой плотности в центре, парафовеолярно по секторам (протокол Angio Reti-na 3,0×3,0 мм).

Статистическую обработку проводили при помощи программы IBM SPSS Statistics v.23. Для оценки нормальности распределения выборки использовали тест Шапиро–Уилка. Применяли стандартные методы описательной статистики с вычислением критерия Манна–Уитни. Для изучения корреляции показателей был использован коэффициент Спирмена.

#### Результаты и их обсуждение

Развитую стадию заболевания диагностировали у 30 пациентов с впервые выявленной ГНД и у 45 пациентов с гипертензивной формой ПОУГ. Основную долю в обеих исследуемых группах составили женщины (73,3% и 68,9% соответственно).

Показатели средней толщины роговицы в центральной области и уровень ВГД представлены в табл. 1.

Данные статической автоматической периметрии (САП) в группах ГНД и ПОУГ представлены на рис. 1. Показатели САП при сравнении в группах ГНД и ПОУГ статически значимо не различались, но были ниже в сравнении с контрольной группой (рис. 1).

По данным ОКТ ДЗН отмечались достоверно низкие показатели слоя нервных волокон сетчатки (СНВС) перипапиллярно в обеих исследуемых группах в сравнении с контрольной, при этом статически значимые различия между группами ГНД и ПОУГ выявлены во всех исследуемых секторах (табл. 2).

Таблица 1

| Показатели ВГД и центральной толщины роговицы у пациентов с ГНД II стадии и ПОУГ, М±σ |             |             |                 |
|---------------------------------------------------------------------------------------|-------------|-------------|-----------------|
| Показатели                                                                            | ГНД (n=30)  | ПОУГ (n=45) | Контроль (n=50) |
| Средний уровень ВГД по Маклакову, мм рт. ст.                                          | 19,63±1,7   | 29,8*±2,8   | 19,8±1,6        |
| ОКТ-пахиметрия, мкм                                                                   | 524,93#±5,3 | 560,64±10,1 | 555,3±8,9       |

\* Достоверность различий показателей в сравнении с контрольной группой (p<0,05).

# Достоверность различий показателей между группами с ГНД и ПОУГ (p<0,05).

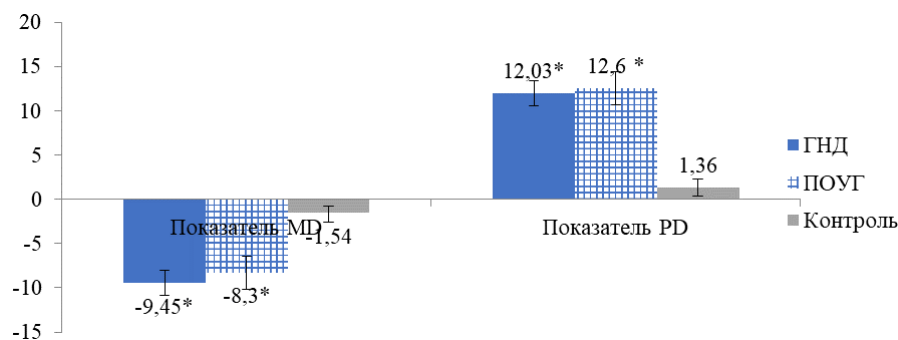


Рис. 1. Средние показатели САП у пациентов с ГНД II стадии и ПОУГ в сравнении с контрольной группой: MD – Mean Deviation, PD – Pattern Deviation. \*Достоверность различий показателей в сравнении с контрольной группой ( $p < 0,05$ )

Таблица 2

Показатели ОКТ ДЗН и сетчатки у пациентов со II стадией ГНД и ПОУГ,  $M \pm \sigma$ 

| Показатель         | ГНД (n=30)  | ПОУГ (n=45) | Контроль (n=50) |
|--------------------|-------------|-------------|-----------------|
| RNFL average, мкм  | 81,3±1,3*   | 64,89±1,4*  | 103,13±2,2      |
| RNFL sup., мкм     | 82,76±1,5*  | 67,77±1,6*  | 104,88±2,5      |
| RNFL inferior, мкм | 78,56±1,3*  | 62,25±1,9*  | 102,01±2,9      |
| GCC average, мкм   | 73,16±1,26* | 63,34±2,01* | 98,89±3,01      |
| GCC superior, мкм  | 74,06±2,3*  | 66,04±2,2*  | 99,11±3,4       |
| GCC inferior, мкм  | 70,7±2,01*  | 61,86±1,6*  | 99,28±3,6       |
| FLV, %             | 8,89±1,9*   | 11,79±1,8*  | 0,41±0,88       |
| GLV, %             | 19,27±2,1*  | 30,34±1,9*  | 2,63±,9         |

\* Достоверность различий показателей в сравнении с контрольной группой ( $p < 0,05$ )

# Достоверность различий показателей между группами с ГНД и ПОУГ ( $p < 0,05$ )

При исследовании показателей комплекса ганглиозных клеток сетчатки (ГКС, Ganglion cells complex, GCC) зарегистрировано статистически значимое различие показателей глобальных потерь (Global lost volume, GLV) в группе с ПОУГ в сравнении с ГНД. Показатели фокальных потерь (Focal lost volume, FLV) статически значимо не различались, но были достоверно ниже в сравнении со здоровыми глазами.

При проведении ОКТА в поверхностном сосудистом сплетении в группах со II стадией ГНД и с ПОУГ показатели вертексной дистанции (VD) во всех исследуемых секторах были достоверно ниже, чем в контрольной группе. Статистически значимые различия показателей VD у пациентов с ГНД и ПОУГ наблюдались только в области Parafovea, при этом изменения были более выражены в глазах с гипертензивной формой заболевания (табл. 3).

В глубоком сосудистом сплетении (ГСС) показатели VD у пациентов с ГНД

имели статически значимые различия и были достоверно выше, чем у пациентов с ПОУГ в областях Fovea, Parafovea и височном секторе, что может свидетельствовать о более грубых микроциркуляторных нарушениях на развитой стадии глаукомы (табл. 4). При сравнении с группой здоровых лиц показатели сосудистой плотности макулярной области сетчатки в ГСС обеих исследуемых групп были достоверно ниже.

По данным различных авторов состояние кровотока влияет на толщину сетчатки макулярной области [3,9,11,13]. Нами были изучены взаимосвязи микроциркуляции Fovea и Parafovea с толщиной сетчатки данных областей. У пациентов со II стадией ГНД и ПОУГ выявлена достоверная прямая связь слабой силы между показателями VD в области Fovea поверхностного сосудистого сплетения (ПСС) и толщиной сетчатки этой области ( $r=0,464^*$ ,  $p < 0,05$ ) и ( $r=0,367^*$ ,  $p < 0,05$ ) соответственно (рис.2).

Таблица 3

Показатели сосудистой плотности поверхностного сосудистого сплетения макулы у пациентов со II стадией ГНД и ПОУГ,  $M \pm \sigma$  (%)

| Сектор исследования | ГНД (n=30)  | ПОУГ (n=45) | Контроль (n=50) |
|---------------------|-------------|-------------|-----------------|
| Whole image         | 40,83±1,1*  | 39,35±1,7*  | 48,52±1,89      |
| Superior-Hemi       | 40,68±1,03* | 41,26±1,1*  | 49,36±1,99      |
| Inferior-Hemi       | 41,12±2,01* | 39,65±1,45* | 48,11±1,97      |
| Fovea               | 14,15±2,2*  | 14,32±1,53* | 22,47±1,63      |
| Parafovea           | 44,34±2,3** | 40,02±1,87* | 51,53±1,58      |
| -Superior-Hemi      | 44,8±1,9*   | 41,74±1,9*  | 51,18±1,95      |
| -Inferior-Hemi      | 44,57±1,97* | 40,22±2,3*  | 51,74±1,98      |
| -Tempo              | 42,52±1,89* | 39,8±2,2*   | 48,92±1,57      |
| -Superior           | 45,36±1,99* | 43,0±2,5*   | 52,41±2,02      |
| -Nasal              | 43,92±1,87* | 41,78±2,4*  | 50,73±2,36      |
| -Inferior           | 44,56±1,96* | 42,85±2,2*  | 52,76±2,46      |

\* Достоверность различий показателей в сравнении с контрольной группой ( $p < 0,05$ )

# Достоверность различий показателей между группами с ГНД и ПОУГ ( $p < 0,05$ )

Таблица 4

Показатели сосудистой плотности глубокого сосудистого сплетения макулы у пациентов со II стадией ГНД и ПОУГ, М±σ (%)

| Сектор исследования | ГНД (n=30)          | ПОУГ (n=45)        | Контроль (n=50) |
|---------------------|---------------------|--------------------|-----------------|
| Whole image         | 52,85±1,5*          | 48,96±1,03*        | 56,56±1,6       |
| Superior-Hemi       | 52,51±2,3*          | 49,59±1,98*        | 54,8±1,1        |
| Inferior-Hemi       | 53,23±2,6*          | 48,39±1,6*         | 55,6±1,6        |
| Fovea               | <b>32,85±1,08*#</b> | <b>29,35±0,87*</b> | 36,48±1,9       |
| Parafovea           | <b>51,67±2,0*#</b>  | <b>49,29±1,2*</b>  | 56,21±1,8       |
| -Superior-Hemi      | 52,41±4,6*          | 51,42±5,6*         | 56,59±1,7       |
| -Inferior-Hemi      | 51,44±5,23*         | 50,49±5,5*         | 57,07±2,3       |
| -Tempo              | <b>51,45±1,02*#</b> | <b>48,31±2,0*</b>  | 56,63±1,07      |
| -Superior           | 51,27±3,6*          | 50,42±3,6*         | 56,82±2,6       |
| -Nasal              | 51,11±3,6*          | 52,22±3,8*         | 57,51±2,3       |
| -Inferior           | 51,99±3,7*          | 51,46±3,9*         | 57,27±2,2       |

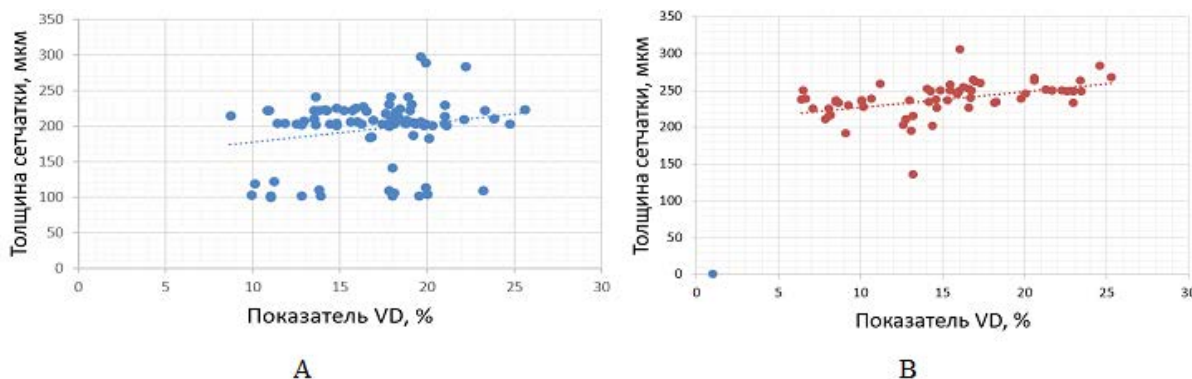
\* Достоверность различий показателей в сравнении с контрольной группой ( $p < 0,05$ )# Достоверность различий показателей между группами ГНД и ПОУГ ( $p < 0,05$ )

Рис. 2. Линейные зависимости показателей VD в Fovea и толщиной сетчатки у пациентов с А) II стадией ГНД и В) II стадией ПОУГ

У пациентов с ГНД обнаружена достоверная отрицательная связь слабой силы между показателем VD ПСС и уровнем глобальных потерь комплекса ГКС в Parafovea ( $r = -0,528^*$ ,  $p < 0,05$ ) (рис. 3).

У пациентов со II стадией гипертензивной формы ПОУГ была определена отрица-

тельная связь слабой силы между показателем VD Parafovea ПСС и уровнем фокальных потерь комплекса ГКС ( $r = -0,437^*$ ,  $p < 0,05$ ) (рис. 4).

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

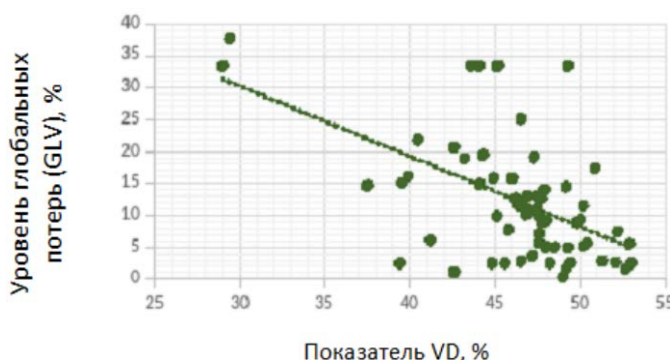


Рис. 3. Линейная зависимость показателей VD в Parafovea и уровнем GLV у пациентов со II стадией ГНД

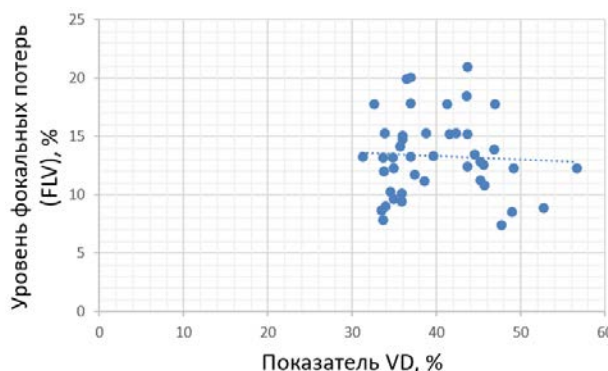


Рис. 4. Линейные зависимости показателей VD в Parafovea и уровнем FLV у пациентов со II стадией ПОУГ

На основании полученных нами результатов зарегистрированы патенты на изобретение РФ №2816038 от 26.03.2024 г., №2816039 от 26.03.2024г. и №2815155 от 11.03.2024 г. [5-7]. Проведенные исследования согласуются с данными других авторов. Shoji T. et al. при динамическом наблюдении пациентов с глаукомой в течение 14 месяцев методом ОКТА обнаружили снижение сосудистой плотности макулы [23]. Курышева Н.И. с соавт. выявили снижение показателей VD в Fovea и Parafovea в начальной и развитой стадиях глаукомы [4]. Нuo Y.J. et al. при сравнении пациентов с ГНД и пациентов с ПОУГ обнаружили преобладание нарушений микроциркуляции макулы в центральном и носовом секторах [26]. Исследования Kim J.S. et al. у пациентов с ГНД выявили снижение сосудистой плотности поверхностного сосудистого сплетения в нижнем квадранте макулы [25]. Lee C.Y. et al. установили, что снижение VD в области Fovea было более выраженным в глазах с ПОУГ, чем с ГНД [14]. Xu H. et al. при исследовании микроциркуляции Parafovea достоверных различий в соответствующих показателях у пациентов с ГНД и ПОУГ не зарегистрировали [13].

По данным зарубежных работ в развитой стадии глаукомы параметры сосудистой плотности коррелируют со снижением толщины макулярной области сетчатки [13,14,16-18]. В исследовании Lommatzsch C. et al. выявлены корреляционные связи сосудистой плотности с толщиной слоя перипапиллярных нервных волокон сетчатки, толщиной комплекса ГКС, соотношением экскавации ДЗН к площади нейроретинального пояса [21]. Курышева Н.И. с соавт. обнаружили выраженную связь между плотностью сосудистой сети в нижненосовом квадранте Parafovea и толщиной комплекса ГКС [4]. Исследования Kim N.R. et al. показали слабую корреляционную связь плотности микроциркуляции макулы с толщиной сетчатки данной области [12]. Penteado R.S. et al. при сравнении глаукомных глаз со здоровыми глазами выявили, что снижение сосудистой плотности в поверхностном сосудистом сплетении макулярной области сетчатки менее показательно, чем изменение толщины сетчатки макулы [22]. Shin J.W. et al. у больных с развитой стадией глаукомы обнаружили, что показатель автоматической периметрии Mean Deviation

(MD) имел более выраженную взаимосвязь с сосудистой плотностью макулы, чем с толщиной сетчатки данной области ( $r = 0,625$  против  $r = 0,437$ ;  $P = 0,045$ ) [24].

Имеются данные об ограниченном применении структурного ОКТ ДЗН и сетчатки при достижении показателя MD примерно -14 дБ (толщина GCC) и -17,5 дБ (толщина RNFL) [15]. Результаты текущих исследований демонстрируют, что при поздних стадиях глаукомы показатель сосудистой плотности макулярной области сетчатки по данным ОКТА не имеет минимального уровня измерения (measurement "floor") [19]. Это свидетельствует о том, что при MD ниже -14 дБ показатель VD может являться объективным диагностическим критерием для диагностики и оценки прогрессирования ГНД.

### Заключение

По результатам исследования у пациентов с ГНД в развитой стадии заболевания в сравнении с ПОУГ в поверхностном сосудистом сплетении области Parafovea было отмечено статически значимое различие показателей VD, при этом изменения были более выражены в группе с ПОУГ. В глубоком сосудистом сплетении сетчатки изменения микроциркуляции также были более значимы у больных с гипертензивной формой заболевания.

При II стадии ГНД показатель VD поверхностного сосудистого сплетения имел положительную корреляционную связь слабой силы в Fovea с толщиной сетчатки данной области ( $r=0,464^*$ ,  $p<0,05$ ), а показатель VD Parafovea – отрицательную корреляционную связь средней силы с уровнем глобальных потерь комплекса ГКС ( $r=-0,528^*$ ,  $p<0,05$ ).

У пациентов с ПОУГ определена достоверная положительная связь слабой силы между показателем VD в Fovea поверхностного сосудистого сплетения и толщиной сетчатки данной области ( $r=0,367^*$ ,  $p<0,05$ ), а также отрицательная корреляционная связь слабой силы VD в Parafovea с уровнем фокальных потерь комплекса ГКС ( $r=-0,437^*$ ,  $p<0,05$ ).

Полученные результаты свидетельствуют о возможности применения ОКТА для оценки степени поражения макулярной области у пациентов с развитой стадией глаукомы как низкого давления, так и гипертензивной формы заболевания.

### Сведения об авторах статьи:

**Загидуллина Айгуль Шамилевна** – д.м.н., доцент кафедры офтальмологии ФГБОУ ВО БГМУ Минздрава России. Адрес: 450008, г. Уфа, ул. Ленина, 3. E-mail: aigul.zagidullina@gmail.com.

**Галимова Венера Узбековна** – д.м.н., профессор кафедры офтальмологии ФГБОУ ВО БГМУ Минздрава России. Адрес: 450008, г. Уфа, ул. Ленина, 3.

**Арсланова Айгуль Ирековна** – аспирант кафедры офтальмологии ФГБОУ ВО БГМУ Минздрава России, врач-офтальмолог диспансерно-амбулаторного отделения микрохирургии глаза ГБУЗ РБ ГКБ №8 г. Адрес: 450008, г. Уфа, ул. Ленина 3. E-mail: aigul90@mail.ru.

## ЛИТЕРАТУРА

1. Загидуллина А.Ш. Влияние нарушений системной гемодинамики на развитие открытоугольной глаукомы / А.Ш. Загидуллина, А.Р. Нугманова // Медицинский вестник Башкортостана. – 2018. – № 2. – С. 116-121.
2. Национальное руководство по глаукоме: для практикующих врачей / под ред. Е.А. Егорова, В.П. Еричева. – 4-е изд., испр. и доп. М.: ГЭОТАР-Медиа, 2019. – 384 с.
3. ОКТ-ангиография: количественная и качественная оценка микрососудистого русла заднего сегмента глаза / А.А. Александров [и др.] // Катарактальная и рефракционная хирургия. – 2015. – № 3. – С. 4-9.
4. Особенности макулярного кровотока при глаукоме / Курьшева Н.И. [и др.] // Вестник офтальмологии. – 2017. – Т. 133, № 2. – С. 29-38.
5. Способ прогнозирования риска развития глаукомы низкого давления по данным оптической когерентной томографии с ангиографией: патент № 2815155 Рос. Федерация; заявл. № 2023135344 от 27.12.2023; Оpubл. 11.03.2024, Бюл. №8, с. 10.
6. Способ прогнозирования риска развития глаукомы низкого давления: патент № 2816039 Рос. Федерация; заявл. 2023120561 от 07.08.2023; Оpubл. 26.03.2024, Бюл. №9, с. 11.
7. Способ ранней диагностики глаукомы низкого давления: патент № 2816038 Рос. Федерация; заявл. 2023120560 от 07.08.2023; Оpubл. 26.03.2024, Бюл. № 9, с. 8.
8. Первый опыт применения ОКТ-ангиографии в диагностике глаукомы / А.А. Александров [и др.] // Современные технологии в офтальмологии. Материалы X Всероссийской научной конференции молодых ученых «Актуальные проблемы офтальмологии». Новое в офтальмологии. – 2015. – Т. 3, № 7. – С. 9-10.
9. Aghsaei F.M. Optical coherence tomography angiography in glaucoma / F.M. Aghsaei, R. Ritch // Ann Transl Med. – 2020. – Vol. 8(18). – P. 1204.
10. Association of macular OCT and OCTA parameters with visual acuity in glaucoma / Wu J. [et al.] // British Journal of Ophthalmology doi: 10.1136/bjo-2022-321460. Epub ahead of print.
11. Chen M. Normal tension glaucoma in Asia: epidemiology, pathogenesis, diagnosis, and management / M. Chen // Taiwan J Ophthalmol. – 2020. – Vol. 10. – P. 250-254.
12. Comparison of macular ganglion cell complex thickness by fourier-domain OCT in normal tension glaucoma and primary open-angle glaucoma / Kim N.R. [et al.] // J Glaucoma. 2013. – Vol. 22(2). – P. 133-139.
13. Comparison of retinal microvascular changes in eyes with high-tension glaucoma or normal-tension glaucoma: a quantitative optic coherence tomography angiographic study / Xu H. [et al.] // Graefes Arch Clin Exp Ophthalmol. – 2018. – Vol. 56(6). – P. 1179-1186.
14. Correlation between basal macular circulation and following glaucomatous damage in progressed high-tension and normal-tension glaucoma // Lee C.Y. [et al.] // Ophthalmic Res. – 2019. – Vol. 62(1). – P.46-54.
15. Dastiridou A. Potential applications of optical coherence tomography angiography in glaucoma / A. Dastiridou, V. Chopra // Current Opinion in Ophthalmology 2018. – Vol. 29(3). – P. 226-233.
16. Ganglion cell complex thickness and macular vessel density loss in primary open-angle glaucoma / Hou H., Moghimi S., Proudfoot J.A. [et al.] // Ophthalmology. – 2020. – Vol. 127. – P. 1043-1052.
17. Hollo G. Optical Coherence Tomography Angiography in Glaucoma / G.Hollo // Turk J Ophthalmol. – 2018. – Vol. 48(4). – P. 196-201.
18. Macula vessel density and thickness in early primary open-angle glaucoma / Hou H. [et al.] // American Journal of Ophthalmology. – 2019. – Vol. 199. – P. 120-132.
19. Measurement Floors and Dynamic Ranges of OCT and OCT Angiography in Glaucoma / Moghimi S. [et al.] // Ophthalmology. – 2019. – Vol. 126(7). – P. 980-988.
20. OCT angiography in glaucoma. / Wudunn D. [et al.] // Ophthalmic technology assessment. – Vol. 128(8). – P. 1222-1235.
21. OCTA vessel density changes in the macular zone in glaucomatous eyes / Lommatzsch C. [et al.] // Graefes Arch Clin Exp Ophthalmol. – 2018. – Vol. 256(8). – P. 1499-1508.
22. Optical coherence tomography macular vascular density measurements and the central 10-2 visual field in glaucoma / Penteado R.C. [et al.] // Journal of Glaucoma. –2018. – Vol. 27(6). – P. 481-489.
23. Progressive macula vessel density loss in primary open-angle glaucoma: a longitudinal study / Shogi T. [et al.] // Am J Ophthalmol. – 2017. – Vol.182. – P. 107-117.
24. Relationship between macular vessel density and central visual field sensitivity at different glaucoma stages / Shin J.W. [et al.] // Br J Ophthalmol. – 2019. – Vol. 103. – P. 1827-1833.
25. Topographic correlation between macular superficial microvessel density and ganglion cell-inner plexiform layer thickness in glaucoma-suspect and early normal-tension glaucoma // Kim J.S. [et al.] // Br J Ophthalmol. – 2020. – Vol. 104(1). – P. 104-109.
26. Topographic differences in superficial macular vessel density in eyes with early primary open-angle glaucoma and normal tension glaucoma / Huo Y.J. [et al.] // Ophthalmic Res. 2023. doi: 10.1159/000528877. Epub ahead of print.
27. Werner A.C. A Review of OCT angiography in glaucoma / A.C. Werner, L.Q. Shen // Semin Ophthalmol. – 2019. – Vol. 34(4). – P. 279-286.

## REFERENCES

1. Zagidullina A.Sh., Nugmanova A.R. Influence of systemic hemodynamics disorders on open-angle glaucoma development. Bashkortostan Medical Journal. 2018;13(1):116-121. (In Russ.)
2. Natsional'noye rukovodstvo po glaukome: dlya praktikuyushchikh vrachev (National Glaucoma Guidelines: for practicing physicians). pod red. Ye.A. Yegorova, V.P. Yericheva. – 4-ye izd., ispr. i dop. M.: GEOTAR-Media. 2019:384. (In Russ.)
3. Aleksandrov A.A. [et al.] Quantitative and qualitative evaluation of microcirculatory blood vessels of the posterior segment using OCT angiography. Kataraktal'naya i refraktsionnaya khirurgiya. 2015; №3:4-9. (In Russ.)
4. Kuryshcheva N.I. [et al.] Macular blood flow in glaucoma. Vestnik oftal'mologii. 2017;133(2):29-38. (In Russ.)
5. Sposob prognozirovaniya riska razvitiya glaukomy nizkogo davleniya po dannym opticheskoy kogerentnoy tomografii s angiografiej (Method for prediction of risk of developing low-tension glaucoma by optical coherence tomography with angiography): patent № 2815155 Ros. Federacija; zayavl. № 2023135344 ot 27.12.2023; Opubl. 11.03.2024, Bjul. №8:10. (in Russ)
6. Sposob prognozirovaniya riska razvitiya glaukomy nizkogo davleniya (Method for predicting risk of developing low-tension glaucoma): patent № 2816039 Ros. Federacija; zayavl. 2023120561 ot 07.08.2023; Opubl. 26.03.2024, Bjul. №9:11. (in Russ)
7. Sposob rannej diagnostiki glaukomy nizkogo davleniya (Method for early diagnosis of low-tension glaucoma): patent № 2816038 Ros. Federacija; zayavl. 2023120560 ot 07.08.2023; Opubl. 26.03.2024, Bjul. № 9:8. (in Russ)
8. Aleksandrov A.A. [et al.] Pervyy opyt primeneniya OКТ-angiografii v diagnostike glaukomy // Sovremennyye tekhnologii v oftal'mologii (The first experience of using OCT angiography in the diagnosis of glaucoma). Materialy Vserossiyskoy nauchnoy konferentsii molodykh uchennykh «Aktual'nyye problemy oftal'mologii». Novoye v oftal'mologii. 2015; 3(7):9-10. (In Russ.)
9. Aghsaei Fard M, Ritch R. Optical coherence tomography angiography in glaucoma. Ann Transl Med. 2020 Sep;8(18):1204. (in Engl). doi: 10.21037/atm-20-2828. PMID: 33241053; PMCID: PMC7576046.
10. Wu J. [et al.] Association of macular OCT and OCTA parameters with visual acuity in glaucoma. British Journal of Ophthalmology. (in Engl) doi: 10.1136/bjo-2022-321460. Epub ahead of print.
11. Chen MJ. Normal tension glaucoma in Asia: Epidemiology, pathogenesis, diagnosis, and management. Taiwan J Ophthalmol. 2020 Jul 13;10(4):250-254. (in Engl) doi: 10.4103/tjo.tjo\_30\_20. PMID: 33437596; PMCID: PMC7787092.

12. Kim NR, Hong S, Kim JH, Rho SS, Seong GJ, Kim CY. Comparison of macular ganglion cell complex thickness by Fourier-domain OCT in normal tension glaucoma and primary open-angle glaucoma. *J Glaucoma*. 2013 Feb;22(2):133-9. (in Engl) doi: 10.1097/IJG.0b013e3182254cde. PMID: 21701394.
13. Xu H, Zhai R, Zong Y, Kong X, Jiang C, Sun X, He Y, Li X. Comparison of retinal microvascular changes in eyes with high-tension glaucoma or normal-tension glaucoma: a quantitative optic coherence tomography angiographic study. *Graefes Arch Clin Exp Ophthalmol*. 2018 Jun;256(6):1179-1186. (in Engl) doi: 10.1007/s00417-018-3930-z. Epub 2018 Feb 15. PMID: 29450622.
14. Lee CY, Liu CH, Chen HC, Sun CC, Yao YP, Chao SC. Correlation between Basal Macular Circulation and Following Glaucomatous Damage in Progressed High-Tension and Normal-Tension Glaucoma. *Ophthalmic Res*. 2019;62(1):46-54. (in Engl) doi: 10.1159/000499695. Epub 2019 May 17. PMID: 31104053.
15. Dastiridou A, Chopra V. Potential applications of optical coherence tomography angiography in glaucoma. *Curr Opin Ophthalmol*. 2018 May;29(3):226-233. (in Engl) doi: 10.1097/ICU.0000000000000475. PMID: 29553952.
16. Hou H, Moghimi S, Proudfoot JA, Ghahari E, Penteado RC, Bowd C, Yang D, Weinreb RN. Ganglion Cell Complex Thickness and Macular Vessel Density Loss in Primary Open-Angle Glaucoma. *Ophthalmology*. 2020 Aug;127(8):1043-1052. (in Engl) doi: 10.1016/j.ophtha.2019.12.030. Epub 2020 Jan 13. PMID: 32085875; PMCID: PMC7354893.
17. Holló G. Optical Coherence Tomography Angiography in Glaucoma. *Turk J Ophthalmol*. 2018 Aug;48(4):196-201. (in Engl) doi: 10.4274/tjo.53179. Epub 2018 Sep 4. PMID: 30202616; PMCID: PMC6126098.
18. Hou H, Moghimi S, Zangwill LM, Shoji T, Ghahari E, Penteado RC, Akagi T, Manalastas PIC, Weinreb RN. Macula Vessel Density and Thickness in Early Primary Open-Angle Glaucoma. *Am J Ophthalmol*. 2019 Mar;199:120-132. (in Engl) doi: 10.1016/j.ajo.2018.11.012. Epub 2018 Nov 26. PMID: 30496723; PMCID: PMC6382614.
19. Moghimi S, Bowd C, Zangwill LM, Penteado RC, Hasenstab K, Hou H, Ghahari E, Manalastas PIC, Proudfoot J, Weinreb RN. Measurement Floors and Dynamic Ranges of OCT and OCT Angiography in Glaucoma. *Ophthalmology*. 2019 Jul;126(7):980-988. (in Engl) doi: 10.1016/j.ophtha.2019.03.003. Epub 2019 Mar 8. PMID: 30858023; PMCID: PMC6589389.
20. WuDunn D, Takusagawa HL, Sit AJ, Rosdahl JA, Radhakrishnan S, Hogue A, Han Y, Chen TC. OCT Angiography for the Diagnosis of Glaucoma: A Report by the American Academy of Ophthalmology. *Ophthalmology*. 2021 Aug;128(8):1222-1235. (in Engl) doi: 10.1016/j.ophtha.2020.12.027. Epub 2021 Feb 23. PMID: 33632585.
21. Lommatzsch C, Rothaus K, Koch JM, Heinz C, Grisanti S. OCTA vessel density changes in the macular zone in glaucomatous eyes. *Graefes Arch Clin Exp Ophthalmol*. 2018 Aug;256(8):1499-1508. (in Engl) doi: 10.1007/s00417-018-3965-1. Epub 2018 Apr 10. PMID: 29637255.
22. Penteado RC, Zangwill LM, Daga FB, Saunders LJ, Manalastas PIC, Shoji T, Akagi T, Christopher M, Yarmohammadi A, Moghimi S, Weinreb RN. Optical Coherence Tomography Angiography Macular Vascular Density Measurements and the Central 10-2 Visual Field in Glaucoma. *J Glaucoma*. 2018 Jun;27(6):481-489. (in Engl) doi: 10.1097/IJG.0000000000000964.
23. Shoji T, Zangwill LM, Akagi T, Saunders LJ, Yarmohammadi A, Manalastas PIC, Penteado RC, Weinreb RN. Progressive Macula Vessel Density Loss in Primary Open-Angle Glaucoma: A Longitudinal Study. *Am J Ophthalmol*. 2017 Oct;182:107-117. (in Engl) doi: 10.1016/j.ajo.2017.07.011. Epub 2017 Jul 20. PMID: 28734815; PMCID: PMC5610624.
24. Shin JW, Lee J, Kwon J, Jo Y, Jeong D, Shon G, Kook MS. Relationship between macular vessel density and central visual field sensitivity at different glaucoma stages. *Br J Ophthalmol*. 2019 Dec;103(12):1827-1833. (in Engl) doi: 10.1136/bjophthalmol-2018-313019. Epub 2019 Jan 24. PMID: 30679167.
25. Kim JS, Kim YK, Baek SU, Ha A, Kim YW, Jeoung JW, Park KH. Topographic correlation between macular superficial microvessel density and ganglion cell-inner plexiform layer thickness in glaucoma-suspect and early normal-tension glaucoma. *Br J Ophthalmol*. 2020 Jan;104(1):104-109. (in Engl) doi: 10.1136/bjophthalmol-2018-313732. Epub 2019 Apr 2. PMID: 30940619.
26. Huo YJ, Thomas R, Guo Y, Zhang W, Li L, Cao K, Wang HZ, Wang NL. Topographic Differences in Superficial Macular Vessel Density in Eyes with Early Primary Open-Angle Glaucoma and Normal Tension Glaucoma. *Ophthalmic Res*. 2023;66(1):465-473. (in Engl) doi: 10.1159/000528877. Epub 2023 Jan 5. PMID: 36603555.
27. Werner AC, Shen LQ. A Review of OCT Angiography in Glaucoma. *Semin Ophthalmol*. 2019;34(4):279-286. (in Engl) doi: 10.1080/08820538.2019.1620807. Epub 2019 Jun 3. PMID: 31158045.

УДК 616-091.5

© В.С. Щекин, Т.И. Валинуров, 2025

В.С. Щекин, Т.И. Валинуров  
**ПРИМЕНЕНИЕ ВЫЧИСЛИТЕЛЬНЫХ ПРОГРАММ В АУТОПСИИ:  
 НОВЫЕ ГОРИЗОНТЫ ПАТОЛОГОАНАТОМИЧЕСКОЙ ПРАКТИКИ**  
*ФГБОУ ВО «Башкирский государственный медицинский университет»  
 Минздрава России, г. Уфа*

В соответствии с IV универсальным определением инфаркта миокарда выделяют 5 типов этого заболевания, причем в 4-ом типе предусмотрены 3 подтипа. В патологоанатомической практике возникают трудности при дифференцировке инфаркта миокарда 1- и 2-го типов, когда во время аутопсии отсутствует острое повреждение коронарного русла. В настоящее время патологическая анатомия располагает большим запасом методик и методов, в том числе с использованием вычислительной техники и статистической обработки данных. Введение в практику вычислительных программ для ретроспективной оценки состояния кровообращения поможет повысить уровень и доказательность патологоанатомических исследований.

*Цель работы* – провести анализ аутопсийных случаев острого инфаркта миокарда с применением вычислительных программ.

*Материал и методы.* В работе использовалась разработанная авторами вычислительная программа «Количественная оценка сердечной недостаточности в постмортальном периоде», разработанная на основе базы данных «Пациенты с сердечной недостаточностью в терминальном периоде». Программа осуществляет расчет показателей сердечного индекса по Y. Stang и адаптационного индекса Баевского, а также классифицирует варианты функциональной недостаточности кровообращения.

*Результаты.* Согласно IV универсальному определению инфаркта миокарда наблюдения распределились следующим образом: инфаркт миокарда 1-го типа (ИМ1Т) – 34, ИМ2Т – 29, ИМ4аТ – 6, ИМ4бТ – 6 и ИМ5Т – 2 случая. Инфаркты миокарда 3- и 4-го типов отнесены к клиническим вариантам и в исследование не вошли. В рамках нашего анализа установлено, что ИМ2Т имеет самую маленькую площадь некроза сердечной мышцы (Me 4,0 (3,0-12,5)) и достоверно меньшую по сравнению с ИМ1Т ( $p=0,0137$ ). Применение ЭВМ-программы выявило 1-й и 2-й варианты функционального нарушения кровообращения только при ИМ2Т, что в свою очередь свидетельствует об экстракардиальном воздействии на сердце и таким образом, может быть рассмотрено как осложнение другой основной патологии. Для проверки точности ЭВМ-программы были