

<https://doi.org/10.21516/2072-0076-2026-19-3-70-78>



# Результаты оптической когерентной томографии — ангиографии центральной зоны сетчатки у пациентов с хронической сердечной недостаточностью с сохранной фракцией выброса

А.М. Фролов<sup>1</sup>, Ф.Т. Дулани<sup>1,2✉</sup>, М.А. Фролов<sup>1</sup>, О.И. Оренбуркина<sup>1,3</sup>,  
Ю.Г. Копченова<sup>1,2</sup>, И.В. Воробьева<sup>1</sup>, Д.В. Вейберт<sup>1</sup>, Е.М. Алифанова<sup>1</sup>

<sup>1</sup> ФГАОУ ВО «Российский университет дружбы народов им. Патриса Лумумбы», ул. Миклухо-Маклая, д. 6, Москва, 117198, Россия

<sup>2</sup> ГБУЗ «Московский клинический научно-исследовательский центр — Больница № 52» Департамента здравоохранения города Москвы, ул. Пехотная, д. 3, Москва, 132182, Россия

<sup>3</sup> Всероссийский центр глазной и пластической хирургии ФГБОУ ВО БГМУ Минздрава России, ул. Зорге, д. 61, Уфа, 450075, Россия

**Цель работы** — оценка и сравнение морфометрических показателей (биомаркеров) сетчатки и хориоидеи, полученных с помощью оптической когерентной томографии — ангиографии (ОКТА), у пациентов с хронической сердечной недостаточностью с сохранной фракцией выброса (ХСНсФВ). **Материал и методы.** Обследованы 32 пациента (61 глаз) с верифицированным диагнозом ХСНсФВ и 30 здоровых лиц (62 глаза) контрольной группы, сопоставимых по возрасту и полу. Пациенты основной группы разделены на 3 подгруппы в зависимости от функционального класса (ФК) согласно классификации Нью-Йоркской ассоциации сердца (НУНА): I ФК — 10 пациентов (20 глаз), II ФК — 13 пациентов (23 глаза), III ФК — 9 пациентов (18 глаз). Всем пациентам выполнена ОКТА на приборе DRI OCT-Triton, (Торсон, Япония). Оценивалась площадь фовеолярной аваскулярной зоны (пФАЗ), а также плотность сосудов (vd) в поверхностном (SCP) и глубоком (DCP) сосудистых сплетениях, в слое хориокапилляров (СС) и хориоидеи (С). **Результаты.** У пациентов с ХСНсФВ выявлено статистически значимое снижение по сравнению с контролем средней плотности сосудов в DCP (ср. vd DCP,  $p = 0,009$ ), СС ( $p = 0,004$ ), а также в нижнем ( $p = 0,019$ ) и височном ( $p = 0,012$ ) секторах хориоидеи. Обнаружена топическая специфичность поражения: наиболее выраженные изменения в СС регистрировались в нижнем секторе парамакулярной зоны ( $p = 0,004$ ). Внутригрупповой анализ продемонстрировал прогрессирующее снижение ср. vd СС с увеличением ФК НУНА. Корреляционный анализ выявил умеренную отрицательную связь между ФК НУНА и плотностью сосудов СС ( $\rho = -0,335$ ,  $p < 0,018$ ), а также плотностью сосудов хориоидеи в верхнем секторе ( $\rho = -0,345$ ,  $p = 0,015$ ). **Заключение.** ХСНсФВ ассоциирована с многоуровневыми микроциркуляторными изменениями сетчатки и хориоидеи, которые носят секторально-гетерогенный характер. Биомаркеры ОКТА, такие как средняя плотность сосудов глубокого сосудистого сплетения и средняя плотность сосудов хориокапиллярного слоя, могут быть рекомендованы для раннего и неинвазивного мониторинга системной микроциркуляторной дисфункции у пациентов с ХСНсФВ.

**Ключевые слова:** хроническая сердечная недостаточность с сохранной фракцией выброса; оптическая когерентная томография — ангиография; плотность сосудов; хориокапилляры; хориоидея; секторальный анализ; функциональный класс НУНА; микроциркуляторная дисфункция

**Конфликт интересов:** отсутствует.

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

**Для цитирования:** Фролов А.М., Дулани Ф.Т., Фролов М.А., Оренбуркина О.И., Копченова Ю.Г., Воробьева И.В., Вейберт Д.В., Алифанова Е.М. Результаты оптической когерентной томографии — ангиографии центральной зоны сетчатки у пациентов с хронической сердечной недостаточностью с сохранной фракцией выброса. Российский офтальмологический журнал. 2026; 19 (3): 70-8. <https://doi.org/10.21516/2072-0076-2026-19-3-70-78>

# Results of optical coherence tomography angiography of the central retinal zone in patients with chronic heart failure with preserved ejection fraction

Alexander M. Frolov<sup>1</sup>, Favaz T. Dulani<sup>1,2</sup>✉, Mikhail A. Frolov<sup>1</sup>, Olga I. Orenburkina<sup>1,3</sup>,  
Yulia G. Kopchenova<sup>1,2</sup>, Irina V. Vorobyeva<sup>1</sup>, Daria V. Veybert<sup>1</sup>, Elizaveta M. Alifanova<sup>1</sup>

<sup>1</sup> Peoples' Friendship University of Russia named after Patrice Lumumba, 6, Miklukho-Maklaya St., Moscow, 117198, Russia

<sup>2</sup> Moscow City Clinical Hospital 52, 3, Pekhotnaya St., Moscow, 132182, Russia

<sup>3</sup> Russian Center for Eye and Plastic Surgery, Bashkir State Medical University, 67, Bldg. 1, Richard Sorge St., Ufa, 450075, Russia  
dolani.fawaz@yandex.ru

**Purpose of the study:** to evaluate and compare morphometric parameters (biomarkers) of the retina and choroid obtained using optical coherence tomography angiography (OCTA) in patients with chronic heart failure with preserved ejection fraction (HFpEF). **Material and methods.** The study included 32 patients (61 eyes) with a verified diagnosis of HFpEF and 30 healthy individuals (62 eyes) in the control group, matched for age and sex. Patients in the study group were divided into three subgroups according to the functional class (FC) based on the New York Heart Association (NYHA) classification: FC I — 10 patients (20 eyes), FC II — 13 patients (23 eyes), FC III — 9 patients (18 eyes). All participants underwent OCTA using a DRI OCT-Triton device (Topcon, Japan). The assessed parameters included foveal avascular zone (FAZ) area, vessel density (vd) in the superficial (SCP) and deep (DCP) capillary plexuses, in the choriocapillaris (CC) layer, and in the choroid (C). **Results.** Patients with HFpEF demonstrated a statistically significant reduction in mean vessel density in the DCP (mean vd DCP,  $p = 0.009$ ), in the CC ( $p = 0.004$ ), as well as in the inferior ( $p = 0.019$ ) and temporal ( $p = 0.012$ ) sectors of the choroid compared to the control group. Topical specificity of the damage was observed: the most pronounced changes in the CC were recorded in the inferior sector of the paramacular zone ( $p = 0.004$ ). Intragroup analysis revealed a progressive decrease in mean vd CC with increasing NYHA FC. Correlation analysis showed a moderate negative relationship between NYHA FC and CC vessel density ( $\rho = -0.335$ ,  $p = 0.018$ ), as well as between NYHA FC and choroidal vessel density in the superior sector ( $\rho = -0.345$ ,  $p = 0.015$ ). **Conclusion.** HFpEF is associated with multi-level microcirculatory changes in the retina and choroid, which are sectorally heterogeneous. OCTA biomarkers, such as mean vessel density of the DCP and mean vessel density of the choriocapillaris layer, may be recommended as an early and non-invasive monitoring tools for systemic microcirculatory dysfunction in patients with HFpEF.

**Keywords:** chronic heart failure with preserved ejection fraction; optical coherence tomography angiography; vessel density; choriocapillaris; choroid; sectoral analysis; NYHA functional class; microcirculatory dysfunction

**Conflicts of interest:** none.

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

**For citation:** Frolov A.M., Dulani F.T., Frolov M.A., Orenburkina O.I., Kopchenova Y.G., Vorobyeva I.V., Veybert D.V., Alifanova E.M. Results of optical coherence tomography angiography of the central retinal zone in patients with chronic heart failure with preserved ejection fraction. Russian ophthalmological journal. 2026; 19 (3): 70–8 (In Russ.). <https://doi.org/10.21516/2072-0076-2026-19-3-70-78>

Хроническая сердечная недостаточность (ХСН) с сохранной фракцией выброса (ХСНсФВ) представляет собой один из наиболее сложных и гетерогенных фенотипов сердечно-сосудистой патологии, распространенность которой постоянно увеличивается в связи с увеличением доли пожилого населения и высокой коморбидностью [1]. Эпидемиологические исследования показывают, что вероятность выживания пациентов с ХСНсФВ в течение 5 лет колеблется в пределах 50–75 %, что сопоставимо с показателями при ХСН со сниженной фракцией выброса, однако диагностические и терапевтические подходы при данном фенотипе остаются малоизученными [2, 3].

Особенностью ХСНсФВ является проявление клинических признаков сердечной недостаточности, притом что систолический резерв левого желудочка остается в норме или незначительно снижен, что фокусирует внимание ученых на изучении диастолической дисфункции и системных нарушений в сосудистой системе. Развитие ХСНсФВ обусловлено множеством факторов и включает ряд взаимосвязанных механизмов. Одним из главных является коронарная

и системная микроциркуляторная дисфункция. Системное низкоинтенсивное воспаление индуцирует эндотелиальную дисфункцию и снижение плотности капиллярной сети, что приводит к ухудшению перфузии миокарда и его ремоделированию [4]. Эндотелиальная дисфункция при ХСНсФВ носит системный характер, поражая сосудистое русло различных органов, включая почки и сетчатку глаза. Это создает предпосылки для использования офтальмологических методов визуализации для оценки тяжести заболевания [4].

Традиционно оценка микроциркуляции в организме представляет собой сложную задачу. Однако развитие современных технологий открывает новые возможности [5]. Оптическая когерентная томография — ангиография (ОКТА) позволяет неинвазивно и без применения контрастных веществ визуализировать капиллярное русло сетчатки. ОКТА уже зарекомендовала себя как эффективный метод изучения микроциркуляции при различных системных заболеваниях. Однако, несмотря на потенциал, микроциркуляция сетчатки при сердечных заболеваниях и, в частности, при сердечной недостаточности до сих пор остается малоизученной [6–9].

В связи с этим оценка биомаркеров перфузии сетчатки с использованием ОКТА у пациентов с ХСНсФВ представляется актуальной научно-практической задачей.

**ЦЕЛЬ** работы — оценить в сравнительном аспекте морфометрические показатели (биомаркеры) сетчатки и хориоидеи, полученные с помощью ОКТА, у пациентов с ХСНсФВ.

## МАТЕРИАЛ И МЕТОДЫ

Исследование выполнено на базе офтальмологического отделения ГБУЗ г. Москвы «МКНИЦ — Больница № 52» ДЗМ. В основную группу включены 32 пациента (61 глаз), в том числе 14 (43,75 %) мужчин и 18 (56,25 %) женщин, в возрасте 66 [58; 73] лет с ранее установленным диагнозом ХСНсФВ. Обязательным условием включения служило наличие у пациента  $\geq 6$  баллов по шкале H2FREF. Контрольную группу составили 30 здоровых лиц (60 глаз), в том числе 14 (46,67 %) мужчин и 16 (53,3 %) женщин ( $p = 0,81$ ), в возрасте 64 [57; 71] лет ( $p = 0,62$ ), без системных и глазных заболеваний.

Пациенты основной группы были разделены на три подгруппы в зависимости от функционального класса (ФК) согласно классификации Нью-Йоркской ассоциации сердца (NYHA): I ФК — 10 пациентов (20 глаз), II ФК — 13 пациентов (23 глаза), III ФК — 9 пациентов (18 глаз). Все пациенты основной группы проходили трансторакальную эхокардиографию для верификации кардиального статуса и определения вероятности ХСНсФВ по шкале H2FREF, разработанной Y. Reddy и соавт. [10]. Данная шкала обладает высокой диагностической чувствительностью и специфичностью ( $> 0,8$  при сумме баллов  $\geq 6$ ), базируется на анализе шести переменных: ожирение (индекс массы тела  $> 30 \text{ кг/м}^2$ ), артериальная гипертензия (факт приема двух и более антигипертензивных препаратов), наличие фибрилляции предсердий (пароксизмальная или персистирующая форма), легочная гипертензия (систолическое давление в легочной артерии  $> 35 \text{ мм рт. ст.}$  по данным эхокардиографии — ЭхоКГ), возраст ( $> 60$  лет) и повышение давления наполнения левого желудочка (соотношение  $E/e' > 9$ ) [10]. На основании осмотра, данных анамнеза и объективных показателей ЭхоКГ врач-кардиолог осуществлял итоговую балльную оценку и подтверждал соответствие клинической картины критериям высокой вероятности ХСНсФВ.

Средний балл по шкале H2FREF в основной группе составил  $6,9 \pm 0,9$ , среднее значение фракции выброса составило  $59,00 \pm 3,80\%$ .

Критериями исключения являлись: сахарный диабет, глаукома любого генеза, возрастная макулярная дегенерация, помутнение оптических сред глаза, патология витреомакулярного интерфейса, качество ОКТ-изображения менее 50 %, а также генетические заболевания сетчатки.

Всем исследуемым, помимо стандартного офтальмологического обследования, была выполнена ОКТА на приборе DRI OCT-Triton (Торсон, Япония) с использованием протокола сканирования OCT Angiography  $6.0 \times 6.0 \text{ mm}$ . Оценивалась площадь фовеолярной аваскулярной зоны (пФАЗ) в поверхностном (SCP) и глубоком (DCP) сосудистых сплетениях, плотность сосудов (vessel density, vd) в четырех секторах (верхнем — S, нижнем — I, носовом — N, височном — T) и общая плотность в SCP, DCP, слое хориокапилляров (CC) и хориоидеи (C). Анализ ОКТ-ангиограмм проводился с помощью системы регистрации и обработки офтальмологических данных IMAGENET 6 Версия 1.2x (Торсон, Япония). Анализ центральной зоны сетчатки производился в центральной (круговой) области размером  $3,0 \times 3,0 \text{ мм}$ , которая, в свою очередь, разделялась

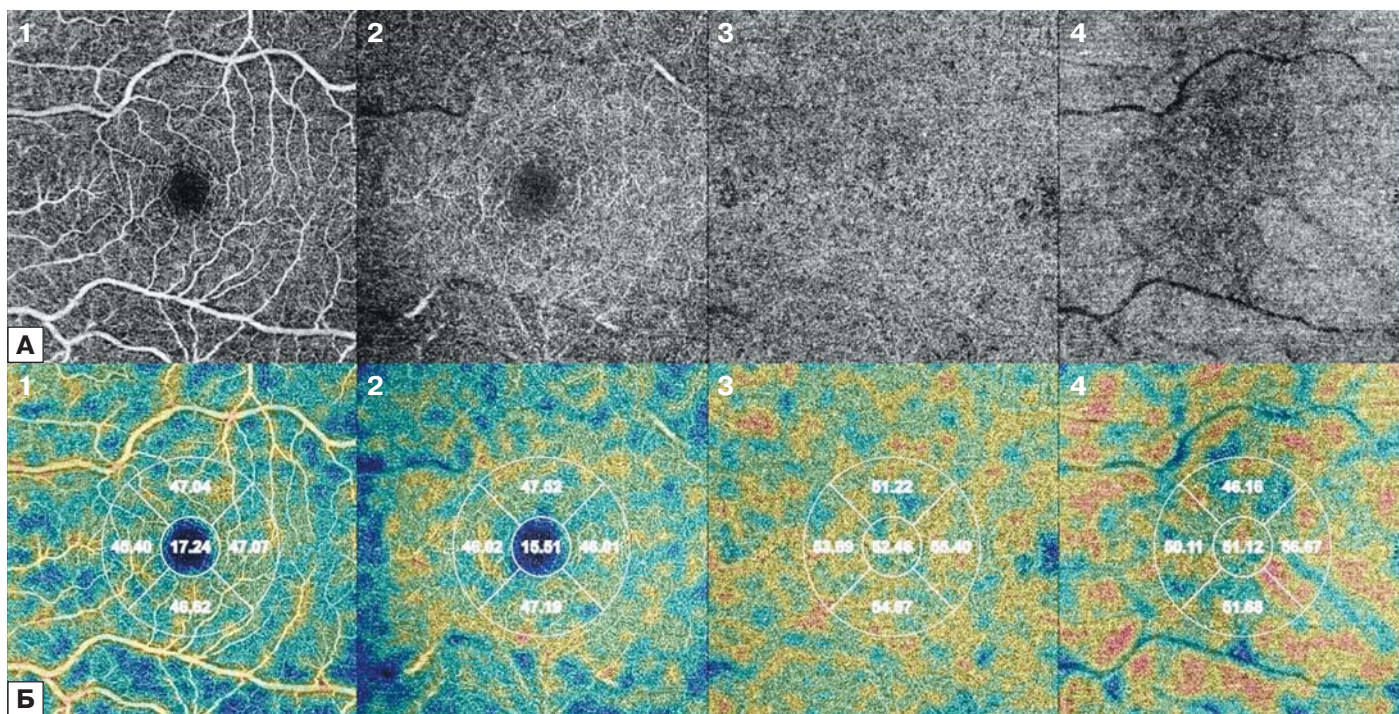
на пять подполей: фовеальная зона (круг диаметром 1 мм) и верхний, нижний, носовой и височный квадранты (рисунок).

Статистическую и математическую обработку данных проводили с использованием пакетов программ Microsoft Office 365 (пакет Excel) и языка программирования Python 3.10 в среде IDE Visual Studio Code 1.76.1. Количественные показатели оценивались на предмет соответствия нормальному распределению с помощью критерия Колмогорова — Смирнова. Данные описывались в виде M (SD) (среднее арифметическое и стандартное отклонение) для нормально распределенных показателей и Me [Q<sub>1</sub>; Q<sub>3</sub>] (медиана, нижний и верхний квартили), для показателей с распределением, отличным от нормального. Сравнение двух независимых групп выполнялось с помощью t-критерия Стьюдента (или его непараметрического аналога — U-критерия Манна — Уитни). Сравнение трех и более групп проводилось с помощью однофакторного дисперсионного анализа (ANOVA) или критерия Краскела — Уоллиса. Различия считались статистически значимыми при  $p < 0,05$ . Корреляционный анализ выполнен с использованием коэффициента ранговой корреляции Спирмена ( $\rho$ ). Сила корреляционной связи оценивалась по шкале Чеддока.

## РЕЗУЛЬТАТЫ И ОБСУЖДЕНИЕ

Возраст и пол пациентов в обеих группах были сопоставимы, что минимизирует влияние этих факторов на результаты ( $p = 0,62$ ,  $p = 0,81$  соответственно). На первом этапе исследования проведен межгрупповой сравнительный анализ показателей ОКТА. Анализ результатов по протоколу сканирования OCT Angiography  $6.0 \times 6.0 \text{ mm}$  статистически значимых межгрупповых различий по показателям пФАЗ в SCP и DCP не выявил. Аналогичным образом значения плотности сосудов SCP в основной группе существенно не отличались от значений в контрольной (табл. 1).

Иная картина наблюдалась при оценке показателей глубокого капиллярного сплетения: в основной группе выявлено статистически значимое снижение средней плотности сосудов (mean vd DCP) по сравнению с контрольной. В контрольной группе медиана mean vd DCP составила 45,55 % [44,02 %; 47,55 %], тогда как в основной данный показатель был достоверно ниже — 39,95 % [37,05 %; 47,30 %] ( $p = 0,009$ ) (см. табл. 1). Обращает на себя внимание гетерогенность основной группы, где диапазон среднего значения mean vd DCP варьировал от 37,05 до 47,30 %, что, вероятно, отражает различную степень тяжести микроциркуляторных нарушений. Полученные нами результаты согласуются с данными опубликованных работ, подтверждающих вовлечение глубокого сосудистого сплетения при ХСН. В исследовании S. Topaloglu, S. Bekmez [11], посвященном оценке показателей ОКТА у пациентов с ХСН со сниженной фракцией выброса, также продемонстрировано статистически значимое снижение плотности сосудов в глубоком сосудистом сплетении у пациентов III ФК по NYHA по сравнению с контролем. Однако, в отличие от нашей работы, авторы не выявили значимых различий в показателях плотности сосудов глубокого сплетения между контролем и пациентами с более легким течением сердечной недостаточности (II ФК по NYHA), что подчеркивает потенциально более высокую чувствительность нашего показателя или особенность популяции ХСНсФВ. Схожие изменения микроциркуляции описаны J. Weerts и соавт. [12], которые также отметили снижение общей плотности сосудов в макулярной зоне, однако не проводили отдельного детального анализа глубокого сплетения. Таким образом, наше исследование дополняет существующие данные, демонстрируя, что сни-



**Рисунок.** Оптическая когерентная томография — ангиография по протоколу OCT Angiography 6.0 × 6.0 mm пациента с хронической сердечной недостаточностью с сохранной фракцией выброса 64 % II функционального класса по NYHA. DRI OCT-Triton. (Topcon, Япония). А — ангиограммы: 1 — поверхностное сосудистое сплетение, 2 — глубокое сосудистое сплетение, 3 — слой хориокапилляров, 4 — слой хориоидеи. Б — сегментация центральной зоны с определением плотности сосудов: 1 — плотность сосудов в поверхностном сосудистом сплетении, 2 — плотность сосудов в глубоком сосудистом сплетении, 3 — плотность сосудов в слое хориокапилляров, 4 — плотность сосудов хориоидеи

**Figure.** Optical coherence tomography angiography (OCTA) according to the “OCT Angiography 6.0 × 6.0 mm” protocol in a patient with chronic heart failure with preserved ejection fraction of 64 % and NYHA functional class II. DRI OCT-Triton (Topcon, Japan). А — angiograms: 1 — superficial capillary plexus, 2 — deep capillary plexus, 3 — choriocapillaris layer, 4 — choroid. Б — segmentation of the central zone with vessel density assessment: 1 — vessel density in the superficial capillary plexus, 2 — vessel density in the deep capillary plexus, 3 — vessel density in the choriocapillaris layer, 4 — choroidal vessel density

жение плотности сосудов в глубоком сосудистом сплетении является ранним и статистически значимым маркером даже при объединении пациентов с сохранной фракцией выброса с разными ФК в одну группу.

Снижение плотности сосудов отмечается также в слое хориокапилляров, где при сравнении двух групп выявлено статистически значимое ( $p = 0,004$ ) снижение средней плотности сосудов в слое хориокапилляров (mean vd CC) в основной группе ( $52,38 \pm 1,24$  %) по сравнению с контрольной группой ( $53,12 \pm 0,92$  %) (см. табл. 1).

Анализ плотности сосудов хориокапиллярного слоя в парафовеолярной области выявил снижение плотности по всем секторам, однако статистически значимое снижение отмечается только в нижнем секторе, в основной группе этот показатель составил  $51,63$  % [ $50,13$  %;  $53,09$  %], а в контрольной —  $53,16$  % [ $51,39$  %;  $53,60$  %] ( $p = 0,015$ ). Обнаружены статистически значимые различия плотности сосудов хориоидеи: в отличие от слоя хориокапилляров, где изменения отмечались преимущественно в нижнем секторе, изменения vd С носили более распространенный характер. В нижнем секторе медиана плотности сосудов хориоидеи в основной группе составила  $51,61$  % [ $48,29$  %;  $53,48$  %], что достоверно ниже, чем в контрольной, —  $53,37$  % [ $51,66$  %;  $54,86$  %] ( $p = 0,019$ ). В височном секторе также зарегистрировано значимое снижение плотности: в основной группе —  $52,65$  % [ $50,92$  %;  $54,23$  %] против  $54,81$  % [ $52,53$  %;  $57,03$  %] в контрольной ( $p = 0,012$ ). В остальных секторах и показателях статистически значимых различий между группами не выявлено (см. табл. 1).

Полученные результаты демонстрируют вовлечение хориокапиллярного слоя при сердечно-сосудистых заболеваниях. Схожие результаты отмечены в работе М. Wintergerst и соавт. [13], где у пациентов с периферическим атеросклерозом выявлена ассоциация между снижением перфузии хориокапилляров и тяжестью заболевания по классификации Fontaine, что подтверждает системный характер поражения хориоидального кровотока при атеросклеротическом процессе. В работе Л.К. Мошетоной и соавт. [14] у пациентов с гипертонической болезнью и ишемической болезнью сердца со стенозом коронарных артерий также выявлено статистически значимое снижение плотности сосудов в слое хориокапилляров по сравнению с контрольной группой. В другом исследовании J. Terheyden и соавт. [15] у пациентов с гипертоническим кризом также выявили значимое снижение перфузии хориокапилляров, причем эти изменения были независимы от наличия гипертонической ретинопатии и коррелировали с поражением органов-мишеней.

Учитывая гетерогенность значений показателей ОКТА и выявленные ранее межгрупповые различия с контролем, следующим этапом исследования назначили внутrigрупповой анализ офтальмологических параметров в зависимости от степени тяжести сердечной недостаточности. С этой целью все пациенты основной группы были стратифицированы на три подгруппы согласно ФК по классификации NYHA: I ФК — 10 пациентов (20 глаз), II ФК — 13 пациентов (23 глаза) и III ФК — 9 пациентов (18 глаз) (табл. 2).

**Таблица 1.** Результаты межгруппового анализа показателей по протоколу OCT Angiography 6.0 × 6.0 mm  
**Table 1.** Results of intergroup analysis of parameters according to the “OCT Angiography 6.0 × 6.0 mm” protocol

| Показатель<br>Parameter                                                                                                                                                                                                  |                                | p-value |
|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|--------------------------------|---------|
| контрольная группа<br>control group                                                                                                                                                                                      | основная группа<br>study group |         |
| Фовеальная плотность сосудов в поверхностном сосудистом сплетении, М (SD), %<br>Foveal vessel density in the superficial capillary plexus M (SD), %                                                                      |                                |         |
| 19,55 (4,85)                                                                                                                                                                                                             | 19,53 (4,66)                   | 0,988   |
| Плотность сосудов в парамакулярной зоне поверхностного сосудистого сплетения (верхний сектор), Ме [IQR], %<br>Vessel density in the paramacular zone of the superficial capillary plexus (superior sector), Me [IQR], %  |                                |         |
| 44,85 [39,38; 47,42]                                                                                                                                                                                                     | 45,44 [41,16; 46,68]           | 0,684   |
| Плотность сосудов в парамакулярной зоне поверхностного сосудистого сплетения (нижний сектор), Ме [IQR], %<br>Vessel density in the paramacular zone of the superficial capillary plexus (inferior sector), Me [IQR], %   |                                |         |
| 42,56 [39,78; 46,40]                                                                                                                                                                                                     | 42,97 [39,21; 45,29]           | 0,584   |
| Плотность сосудов в парамакулярной зоне поверхностного сосудистого сплетения (височный сектор), Ме [IQR], %<br>Vessel density in the paramacular zone of the superficial capillary plexus (temporal sector), Me [IQR], % |                                |         |
| 45,07 [43,20; 47,50]                                                                                                                                                                                                     | 43,77 [42,07; 46,28]           | 0,214   |
| Плотность сосудов в парамакулярной зоне поверхностного сосудистого сплетения (назальный сектор), Ме [IQR], %<br>Vessel density in the paramacular zone of the superficial capillary plexus (nasal sector), Me [IQR], %   |                                |         |
| 43,15 [39,19; 45,67]                                                                                                                                                                                                     | 43,33 [41,78; 45,27]           | 0,629   |
| Средняя плотность сосудов поверхностного сосудистого сплетения, Ме [IQR], %<br>Mean vessel density of the superficial capillary plexus, Me [IQR], %                                                                      |                                |         |
| 44,73 [40,29; 46,22]                                                                                                                                                                                                     | 43,52 [40,83; 45,13]           | 0,841   |
| Площадь фовеолярной аваскулярной зоны в поверхностном сосудистом сплетении, Ме [IQR], мм²<br>Foveal avascular zone area in the superficial capillary plexus, Me [IQR], mm²                                               |                                |         |
| 206,39 [177,31; 318,94]                                                                                                                                                                                                  | 228,90 [188,04; 284,30]        | 0,700   |
| Площадь фовеолярной аваскулярной зоны в глубоком сосудистом сплетении, М (SD), мм²<br>Foveal avascular zone area in the deep capillary plexus, M (SD), mm²                                                               |                                |         |
| 347,61 (97,32)                                                                                                                                                                                                           | 312,17 (92,15)                 | 0,120   |
| Плотность сосудов в парамакулярной зоне глубокого сосудистого сплетения (верхний сектор), Ме [IQR], %<br>Vessel density in the paramacular zone of the deep capillary plexus (superior sector), Me [IQR], %              |                                |         |
| 47,49 [43,46; 48,93]                                                                                                                                                                                                     | 45,91 [43,51; 49,23]           | 0,491   |
| Плотность сосудов в парамакулярной зоне глубокого сосудистого сплетения (нижний сектор), Ме [IQR], %<br>Vessel density in the paramacular zone of the deep capillary plexus (inferior sector), Me [IQR], %               |                                |         |
| 47,97 [41,73; 49,23]                                                                                                                                                                                                     | 45,36 [41,60; 47,62]           | 0,061   |
| Плотность сосудов в парамакулярной зоне глубокого сосудистого сплетения (височный сектор), Ме [IQR], %<br>Vessel density in the paramacular zone of the deep capillary plexus (temporal sector) Me [IQR], %              |                                |         |
| 45,26 [41,27; 46,34]                                                                                                                                                                                                     | 43,84 [38,95; 46,15]           | 0,302   |
| Плотность сосудов в парамакулярной зоне глубокого сосудистого сплетения (назальный сектор), Ме [IQR], %<br>Vessel density in the paramacular zone of the deep capillary plexus (nasal sector), Me [IQR], %               |                                |         |
| 46,30 [44,71; 46,91]                                                                                                                                                                                                     | 44,10 [41,85; 47,57]           | 0,051   |
| Средняя плотность сосудов глубокого капиллярного сплетения, Ме [IQR], %<br>Mean vessel density of the deep capillary plexus, Me [IQR], %                                                                                 |                                |         |
| 45,55 [44,02; 47,55]                                                                                                                                                                                                     | 39,95 [37,05; 47,30]           | 0,009*  |
| Субфовеолярная плотность сосудов в слое хориокапилляров, Ме [IQR], %<br>Subfoveal vessel density in the choriocapillaris layer, Me [IQR], %                                                                              |                                |         |
| 53,07 [51,59; 53,67]                                                                                                                                                                                                     | 51,41 [49,04; 54,25]           | 0,107   |
| Плотность сосудов хориокапиллярного слоя в парамакулярной зоне (верхний сектор), М (SD), %<br>Vessel density of the choriocapillaris layer in the paramacular zone (superior sector), M (SD), %                          |                                |         |
| 51,86 (1,76)                                                                                                                                                                                                             | 51,66 (2,30)                   | 0,697   |
| Плотность сосудов хориокапиллярного слоя в парамакулярной зоне (нижний сектор), Ме [IQR], %<br>Vessel density of the choriocapillaris layer in the paramacular zone (inferior sector), Me [IQR], %                       |                                |         |
| 53,16 [51,39; 53,60]                                                                                                                                                                                                     | 51,63 [50,13; 53,09]           | 0,015*  |
| Плотность сосудов хориокапиллярного слоя в парамакулярной зоне (височный сектор), М (SD), %<br>Vessel density of the choriocapillaris layer in the paramacular zone (temporal sector), M (SD), %                         |                                |         |
| 53,72 (1,68)                                                                                                                                                                                                             | 53,00 (2,20)                   | 0,144   |
| Плотность сосудов хориокапиллярного слоя в парамакулярной зоне (назальный сектор), М (SD), %<br>Vessel density of the choriocapillaris layer in the paramacular zone (nasal sector), M (SD), %                           |                                |         |
| 53,81 (1,62)                                                                                                                                                                                                             | 53,19 (2,05)                   | 0,177   |

| Показатель<br>Parameter                                                                                                                                             |                                | p-value |
|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|--------------------------------|---------|
| контрольная группа<br>control group                                                                                                                                 | основная группа<br>study group |         |
| Средняя плотность сосудов слоя хориокапилляров, М (SD), %<br>Mean vessel density of the choriocapillaris layer, M (SD), %                                           |                                |         |
| 53,12 (0,92)                                                                                                                                                        | 52,38 (1,24)                   | 0,004*  |
| Субфовеолярная плотность сосудов хориоидеи, Ме [IQR], %<br>Subfoveal choroidal vessel density, Me [IQR], %                                                          |                                |         |
| 55,73 [51,08; 57,53]                                                                                                                                                | 56,38 [52,52; 60,06]           | 0,280   |
| Плотность сосудов хориоидеи в парамакулярной зоне (верхний сектор), Ме [IQR], %<br>Choroidal vessel density in the paramacular zone (superior sector), Me [IQR], %  |                                |         |
| 50,18 [49,20; 50,86]                                                                                                                                                | 50,48 [49,08; 52,15]           | 0,394   |
| Плотность сосудов хориоидеи в парамакулярной зоне (нижний сектор), Ме [IQR], %<br>Choroidal vessel density in the paramacular zone (inferior sector), Me [IQR], %   |                                |         |
| 53,37 [51,66; 54,86]                                                                                                                                                | 51,61 [48,29; 53,48]           | 0,019*  |
| Плотность сосудов хориоидеи в парамакулярной зоне (височный сектор), Ме [IQR], %<br>Choroidal vessel density in the paramacular zone (temporal sector), Me [IQR], % |                                |         |
| 54,81 [52,53; 57,03]                                                                                                                                                | 52,65 [50,92; 54,23]           | 0,012*  |
| Плотность сосудов хориоидеи в парамакулярной зоне (назальный сектор), Ме [IQR], %<br>Choroidal vessel density in the paramacular zone (nasal sector), Me [IQR], %   |                                |         |
| 53,25 [50,19; 53,83]                                                                                                                                                | 52,23 [50,68; 54,68]           | 0,672   |
| Средняя плотность сосудов хориоидеи, Ме [IQR], %<br>Mean choroidal vessel density, Me [IQR], %                                                                      |                                |         |
| 52,73 [51,37; 54,07]                                                                                                                                                | 52,05 [51,30; 53,06]           | 0,173   |

**Примечание.** Здесь и в таблице 2: \* — р значение < 0,05, Ме — медиана, [IQR] — межквартильный размах, М — среднее арифметическое значение, SD — стандартное отклонение.

**Note.** Here and in the table 2: \* — p-value < 0.05, Me — median, [IQR] — interquartile range, M — average arithmetic mean, SD — standard deviation.

**Таблица 2.** Результаты внутригруппового анализа показателей основной группы по протоколу OCT Angiography 6.0 × 6.0 mm  
**Table 2.** Results of intragroup analysis of parameters in the study group according to the “OCT Angiography 6.0 × 6.0 mm” protocol

| Показатель<br>Parameter                                                                                                                                                                                                 |                                                                           |                                                                           | p-value |
|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|---------------------------------------------------------------------------|---------------------------------------------------------------------------|---------|
| функциональный класс I<br>functional class I<br>n = 10 (20 глаз; eyes)                                                                                                                                                  | функциональный класс II<br>functional class II<br>n = 13 (23 глаза; eyes) | функциональный класс III<br>functional class III<br>n = 9 (18 глаз; eyes) |         |
| Возраст, годы, Ме [IQR]<br>Age, years, Me [IQR]                                                                                                                                                                         |                                                                           |                                                                           |         |
| 65,5 [58; 73]                                                                                                                                                                                                           | 65,0 [57; 74]                                                             | 69,0 [63; 75]                                                             | > 0,05  |
| Фовеальная плотность сосудов в поверхностном сосудистом сплетении, Ме [IQR], %<br>Foveal vessel density in the superficial capillary plexus, Me [IQR], %                                                                |                                                                           |                                                                           |         |
| 21,70 [15,34; 28,02]                                                                                                                                                                                                    | 19,44 [17,79; 22,26]                                                      | 19,52 [13,37; 22,77]                                                      | 0,769   |
| Плотность сосудов в парамакулярной зоне поверхностного сосудистого сплетения (верхний сектор), Ме [IQR], %<br>Vessel density in the paramacular zone of the superficial capillary plexus (superior sector), Me [IQR], % |                                                                           |                                                                           |         |
| 40,14 [40,08; 43,11]                                                                                                                                                                                                    | 45,70 [42,22; 46,69]                                                      | 42,60 [39,48; 45,71]                                                      | 0,240   |
| Плотность сосудов в парамакулярной зоне поверхностного сосудистого сплетения (нижний сектор), Ме [IQR], %<br>Vessel density in the paramacular zone of the superficial capillary plexus (inferior sector), Me [IQR], %  |                                                                           |                                                                           |         |
| 39,91 [39,73; 42,00]                                                                                                                                                                                                    | 43,12 [40,31; 45,41]                                                      | 38,93 [35,31; 43,61]                                                      | 0,228   |
| Плотность сосудов в парамакулярной зоне поверхностного сосудистого сплетения (височный сектор), М (SD), %<br>Vessel density in the paramacular zone of the superficial capillary plexus (temporal sector), M (SD), %    |                                                                           |                                                                           |         |
| 42,45 (0,43)                                                                                                                                                                                                            | 44,36 (3,40)                                                              | 41,83 (4,04)                                                              | 0,144   |
| Плотность сосудов в парамакулярной зоне поверхностного сосудистого сплетения (назальный сектор), М (SD), %<br>Vessel density in the paramacular zone of the superficial capillary plexus (nasal sector), M (SD), %      |                                                                           |                                                                           |         |
| 42,11 (3,00)                                                                                                                                                                                                            | 43,40 (2,98)                                                              | 39,26 (6,08)                                                              | 0,271   |
| Средняя плотность сосудов поверхностного сосудистого сплетения, М (SD), %<br>Mean vessel density of the superficial capillary plexus, M (SD), %                                                                         |                                                                           |                                                                           |         |
| 42,36 (3,18)                                                                                                                                                                                                            | 43,70 (2,84)                                                              | 40,80 (4,44)                                                              | 0,077   |
| Площадь фовеолярной аваскулярной зоны в поверхностном сосудистом сплетении, Ме [IQR], мм <sup>2</sup><br>Foveal avascular zone area in the superficial capillary plexus, Me [IQR], mm <sup>2</sup>                      |                                                                           |                                                                           |         |
| 198,42 [76,87; 321,88]                                                                                                                                                                                                  | 225,26 [191,24; 271,50]                                                   | 233,05 [142,50; 287,12]                                                   | 0,943   |

| Показатель<br>Parameter                                                                                                                                                                                      |                                                                           |                                                                           | p-value |
|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|---------------------------------------------------------------------------|---------------------------------------------------------------------------|---------|
| функциональный класс I<br>functional class I<br>n = 10 (20 глаз; eyes)                                                                                                                                       | функциональный класс II<br>functional class II<br>n = 13 (23 глаза; eyes) | функциональный класс III<br>functional class III<br>n = 9 (18 глаз; eyes) |         |
| Площадь фовеолярной аваскулярной зоны в глубоком сосудистом сплетении, Ме [IQR], мм²<br>Foveal avascular zone area in the deep capillary plexus, Me [IQR], mm²                                               |                                                                           |                                                                           |         |
| 280,49 [170,01; 392,09]                                                                                                                                                                                      | 310,28 [262,57; 372,26]                                                   | 302,31 [283,20; 373,17]                                                   | 0,877   |
| Плотность сосудов в парамакулярной зоне глубокого сосудистого сплетения (верхний сектор), Ме [IQR], %<br>Vessel density in the paramacular zone of the deep capillary plexus (superior sector), Me [IQR], %  |                                                                           |                                                                           |         |
| 47,51 [45,17; 49,84]                                                                                                                                                                                         | 46,24 [42,59; 49,40]                                                      | 45,91 [43,52; 46,27]                                                      | 0,514   |
| Плотность сосудов в парамакулярной зоне глубокого сосудистого сплетения (нижний сектор), Ме [IQR], %<br>Vessel density in the paramacular zone of the deep capillary plexus (inferior sector), Me [IQR], %   |                                                                           |                                                                           |         |
| 42,85 [37,84; 47,86]                                                                                                                                                                                         | 45,28 [42,21; 47,40]                                                      | 45,98 [37,38; 47,58]                                                      | 0,935   |
| Плотность сосудов в парамакулярной зоне глубокого сосудистого сплетения (височный сектор), Ме [IQR], %<br>Vessel density in the paramacular zone of the deep capillary plexus (temporal sector), Me [IQR], % |                                                                           |                                                                           |         |
| 39,94 [32,44; 47,43]                                                                                                                                                                                         | 44,00 [40,75; 45,65]                                                      | 43,14 [38,78; 46,77]                                                      | 0,995   |
| Плотность сосудов в парамакулярной зоне глубокого сосудистого сплетения (назальный сектор), Ме [IQR], %<br>Vessel density in the paramacular zone of the deep capillary plexus (nasal sector), Me [IQR], %   |                                                                           |                                                                           |         |
| 42,14 [36,33; 47,96]                                                                                                                                                                                         | 44,31 [42,74; 46,48]                                                      | 44,07 [39,91; 45,82]                                                      | 0,898   |
| Средняя плотность сосудов глубокого капиллярного сплетения, Ме [IQR], %<br>Mean vessel density of the deep capillary plexus, Me [IQR], %                                                                     |                                                                           |                                                                           |         |
| 43,11 [37,95; 48,27]                                                                                                                                                                                         | 40,12 [37,05; 47,27]                                                      | 39,95 [34,74; 43,58]                                                      | 0,613   |
| Субфовеолярная плотность сосудов в слое хориокапилляров, Ме [IQR], %<br>Subfoveal vessel density in the choriocapillaris layer, Me [IQR], %                                                                  |                                                                           |                                                                           |         |
| 51,73 [49,21; 55,16]                                                                                                                                                                                         | 51,41 [49,55; 51,86]                                                      | 47,96 [44,87; 48,58]                                                      | 0,040*  |
| Плотность сосудов хориокапиллярного слоя в парамакулярной зоне (верхний сектор), М (SD), %<br>Vessel density of the choriocapillaris layer in the paramacular zone (superior sector), M (SD), %              |                                                                           |                                                                           |         |
| 52,34 (1,81)                                                                                                                                                                                                 | 51,94 (1,91)                                                              | 49,75 (3,64)                                                              | 0,054   |
| Плотность сосудов хориокапиллярного слоя в парамакулярной зоне (нижний сектор), Ме [IQR], %<br>Vessel density of the choriocapillaris layer in the paramacular zone (inferior sector), Me [IQR], %           |                                                                           |                                                                           |         |
| 52,25 [51,87; 52,49]                                                                                                                                                                                         | 51,91 [50,03; 53,15]                                                      | 50,23 [50,20; 50,65]                                                      | 0,138   |
| Плотность сосудов хориокапиллярного слоя в парамакулярной зоне (височный сектор), М (SD), %<br>Vessel density of the choriocapillaris layer in the paramacular zone (temporal sector), M (SD), %             |                                                                           |                                                                           |         |
| 53,67 (2,66)                                                                                                                                                                                                 | 52,95 (2,29)                                                              | 52,89 (1,65)                                                              | 0,821   |
| Плотность сосудов хориокапиллярного слоя в парамакулярной зоне (назальный сектор), Ме [IQR], %<br>Vessel density of the choriocapillaris layer in the paramacular zone (nasal sector), Me [IQR], %           |                                                                           |                                                                           |         |
| 54,76 [52,07; 57,38]                                                                                                                                                                                         | 53,12 [51,98; 54,45]                                                      | 53,18 [52,85; 54,28]                                                      | 0,648   |
| Средняя плотность сосудов слоя хориокапилляров, Ме [IQR], %<br>Mean vessel density of the choriocapillaris layer, Me [IQR], %                                                                                |                                                                           |                                                                           |         |
| 53,32 [52,41; 54,11]                                                                                                                                                                                         | 52,51 [51,64; 53,30]                                                      | 51,8 [50,98; 52,62]                                                       | 0,040*  |
| Субфовеолярная плотность сосудов хориоидеи, М (SD), %<br>Subfoveal choroidal vessel density, M (SD), %                                                                                                       |                                                                           |                                                                           |         |
| 53,20 (7,23)                                                                                                                                                                                                 | 55,47 (4,65)                                                              | 59,56 (3,17)                                                              | 0,063   |
| Плотность сосудов хориоидеи в парамакулярной зоне (верхний сектор), М (SD), %<br>Choroidal vessel density in the paramacular zone (superior sector), M (SD), %                                               |                                                                           |                                                                           |         |
| 51,45 (1,38)                                                                                                                                                                                                 | 51,13 (2,91)                                                              | 51,07 (2,70)                                                              | 0,741   |
| Плотность сосудов хориоидеи в парамакулярной зоне (нижний сектор), Ме [IQR], %<br>Choroidal vessel density in the paramacular zone (inferior sector), Me [IQR], %                                            |                                                                           |                                                                           |         |
| 53,60 [53,10; 54,27]                                                                                                                                                                                         | 51,24 [48,38; 52,96]                                                      | 48,20 [47,78; 53,85]                                                      | 0,162   |
| Плотность сосудов хориоидеи в парамакулярной зоне (височный сектор), Ме [IQR], %<br>Choroidal vessel density in the paramacular zone (temporal sector), Me [IQR], %                                          |                                                                           |                                                                           |         |
| 52,73 [52,35; 53,30]                                                                                                                                                                                         | 52,63 [51,16; 54,18]                                                      | 48,70 [48,17; 56,91]                                                      | 0,741   |
| Плотность сосудов хориоидеи в парамакулярной зоне (назальный сектор), Ме [IQR], %<br>Choroidal vessel density in the paramacular zone (nasal sector), Me [IQR], %                                            |                                                                           |                                                                           |         |
| 53,28 [49,73; 56,75]                                                                                                                                                                                         | 52,36 [51,38; 54,88]                                                      | 52,23 [48,14; 54,12]                                                      | 0,669   |
| Средняя плотность сосудов хориоидеи, Ме [IQR], %<br>Mean choroidal vessel density, Me [IQR], %                                                                                                               |                                                                           |                                                                           |         |
| 53,27 [52,96; 53,39]                                                                                                                                                                                         | 52,03 [51,30; 52,96]                                                      | 51,31 [48,40; 52,66]                                                      | 0,125   |

Сравнение возрастных характеристик между подгруппами не выявило значимых различий ( $p > 0,05$ ), что позволяет не учитывать влияние возрастного фактора при интерпретации последующих результатов (см. табл. 2). Результаты внутригруппового анализа показали прогрессирующее ухудшение перфузионных параметров хориоидеи и хориокапиллярного слоя по мере нарастания тяжести сердечной недостаточности. Отмечается прогрессирующее снижение средней плотности сосудов хориокапиллярного слоя (mean vd CC) с увеличением тяжести ХСН по NYHA. Медиана показателя последовательно уменьшалась с 53,32 % в I ФК до 52,51 % во II ФК и 51,80 % в III ФК ( $p = 0,040$ ). Аналогичное снижение отмечалось в плотности сосудов хориоидеи в парамакулярной зоне (верхний сектор) (para.vd Cs): от 51,45 % в I ФК до 51,13 % во II ФК и 48,23 % в III ФК ( $p = 0,047$ ) (см. табл. 2).

Корреляционный анализ выявил умеренные обратные связи между функциональным классом NYHA и показателями хориоидальной перфузии. Сила выявленных корреляций, оцененная по шкале Чеддока, соответствовала умеренной степени. Для mean vd CC коэффициент Спирмена составил  $r = -0,335$  ( $p = 0,018$ ), для para.vd Cs  $r = -0,345$  ( $p = 0,015$ ). Прогрессирующее снижение mean vd CC по мере утяжеления ФК NYHA подтверждает, что хориокапиллярное русло является чувствительным маркером системной микроциркуляторной дисфункции при ХСНсФВ. Полученные данные согласуются с результатами С. Topaloglu, S. Bekmez [11], показавшими снижение плотности глубокого сплетения у пациентов с III ФК, и дополняют их, демонстрируя аналогичный тренд для хориокапилляров. Напротив, плотность хориоидеи в верхнем секторе значимо снижалась только на поздних стадиях (II  $\rightarrow$  III ФК), что может указывать на более позднее вовлечение более крупных хориоидальных сосудов в патологический процесс и согласуется с концепцией стадийного сосудистого ремоделирования при ХСН. Умеренные обратные корреляции mean vd CC ( $r = -0,335$ ) и para.vd Cs ( $r = -0,345$ ) с ФК NYHA свидетельствуют о том, что утяжеление сердечной недостаточности сопровождается пропорциональным ухудшением перфузии глубоких сосудистых структур. Эти данные созвучны работам J. Weerts и соавт. [12], описавшим связь макулярной плотности сосудов с диастолической дисфункцией, а также M. Wintergerst и соавт. [13], выявившим зависимость перфузии хориокапилляров от тяжести периферического атеросклероза.

## ЗАКЛЮЧЕНИЕ

ХСНсФВ ассоциирована с многоуровневыми микроциркуляторными изменениями сетчатки и хориоидеи, которые носят секторально-гетерогенный характер. Биомаркеры ОКТ, такие как средняя плотность сосудов глубокого сосудистого сплетения и средняя плотность сосудов хориокапиллярного слоя, могут быть рекомендованы для раннего неинвазивного мониторинга системной микроциркуляторной дисфункции у пациентов с ХСНсФВ.

## Литература/References

- McDonagh TA, Metra M, Adamo M, et al. 2021 ESC guidelines for the diagnosis and treatment of acute and chronic heart failure. *Eur Heart J*. 2021; 42: 3599–726. doi: 10.1093/eurheartj/ehab368
- Jasinska-Piadlo A, Campbell P. Management of patients with heart failure and preserved ejection fraction. *Heart*. 2023; 109: 874–83. doi: 10.1136/heartjnl-2022-321097
- Энхтайван Б., Юсупова А.О., Слепова О.А. и др. Нарушения микроциркуляции в сосудах конъюнктивы и сетчатки у пациентов с сердечно-сосудистыми заболеваниями и хронической болезнью почек и их прогностическое значение. *РМЖ. Клиническая офтальмология*. 2025; 25 (3): 195–202. [Enkhtaiwan B., Yusupova A.O., Slepova O.A., et al. Microcirculation disorders in conjunctival and retinal vessels in patients with cardiovascular diseases and chronic kidney disease, as well as their prognostic significance. *Russian journal of clinical ophthalmology*. 2025; 25 (3): 195–202 (In Russ.)]. doi: 10.32364/2311-7729-2025-25-3-6
- Галаявич А.С., Терешенко С.Н., Ускач Т.М. и др. Хроническая сердечная недостаточность. Клинические рекомендации 2024. *Российский кардиологический журнал*. 2024; 29 (11): 6162. [Galyavich A.S., Tereshchenko S.N., Uskach T.M., et al. Chronic heart failure. Clinical practice guidelines 2024. *Russian journal of cardiology*. 2024; 29 (11): 6162 (In Russ.)]. https://doi.org/10.15829/1560-4071-2024-6162
- Kellner RL, Harris A, Ciulla L, et al. The eye as the window to the heart: optical coherence tomography angiography biomarkers as indicators of cardiovascular disease. *J Clin Med*. 2024 Jan 31; 13 (3): 829. doi: 10.3390/jcm13030829
- Yeung SC, You Y, Howe KL, Yan P. Choroidal thickness in patients with cardiovascular disease: A review. *Surv Ophthalmol*. 2020 Jul-Aug; 65 (4): 473–86. doi: 10.1016/j.survophthal.2019.12.007
- Khalilipour E, Mahdizad Z, Molazadeh N, et al. Microvascular and structural analysis of the retina and choroid in heart failure patients with reduced ejection fraction. *Sci Rep*. 2023 Apr 4; 13 (1): 5467. doi: 10.1038/s41598-023-32751-w
- Al Younis SM, Ghosh SK, Raja H, et al. Prediction of heart failure risk factors from retinal optical imaging via explainable machine learning. *Front Med (Lausanne)*. 2025 Mar 17; 12: 1551557. doi: 10.3389/fmed.2025.1551557
- Archambault SD, Abu-Qamar O, Biery D, et al. Retinal optical coherence tomography angiography (OCTA) biomarkers of cardiovascular disease: a review article. *Eye (Lond)*. 2025 Jul; 39 (10): 1882–95. doi: 10.1038/s41433-025-03780-8
- Reddy YNV, Carter RE, Obokata M, Redfield MM, Borlaug BA. A simple, evidence-based approach to help guide diagnosis of heart failure with preserved ejection fraction. *Circulation*. 2018; 138 (9): 861–70. doi: 10.1161/CIRCULATIONAHA.118.034646
- Topaloglu C, Bekmez S. Retinal vascular density changes in patients with heart failure. *Photodiagnosis Photodyn Ther*. 2023 Jun; 42: 103621. doi: 10.1016/j.pdpdt.2023.103621
- Weerts J, Raafs AG, Sandhoefner B, et al. Retinal vascular changes in heart failure with preserved ejection fraction using optical coherence tomography angiography. *J Clin Med*. 2024 Mar 25; 13 (7): 1892. doi: 10.3390/jcm13071892
- Wintergerst MWM, Falahat P, Holz FG, et al. Retinal and choriocapillaris perfusion are associated with ankle-brachial-pressure-index and Fontaine stage in peripheral arterial disease. *Sci Rep*. 2021 Jun 1; 11 (1): 11458. doi: 10.1038/s41598-021-90900-5
- Мошетова Л.К., Воробьева И.В., Дребуадзе А. и др. Результаты офтальмологического мониторинга пациентов с гипертонической болезнью и ишемической болезнью сердца. *РМЖ. Клиническая офтальмология*. 2021; 21 (2): 51–7. [Moshetova L.K., Vorobyeva I.V., Dgebuadze A., et al. Ophthalmological monitoring in patients with hypertension and coronary heart disease. *Russian journal of clinical ophthalmology*. 2021; 21 (2): 51–7 (In Russ.)]. doi: 10.32364/2311-7729-2021-21-2-51-57
- Terheyden JH, Wintergerst MWM, Pizarro C, et al. Retinal and choroidal capillary perfusion are reduced in hypertensive crisis irrespective of retinopathy. *Transl Vis Sci Technol*. 2020 Jul 29; 9 (8): 42. doi: 10.1167/tvst.9.8.42

**Вклад авторов в работу:** А.М. Фролов — разработка концепции и дизайна исследования, редактирование и финальная подготовка статьи к публикации; Ф.Т. Дулани — разработка концепции и дизайна исследования, сбор данных и их интерпретация, написание статьи; М.А. Фролов, И.В. Воробьева — разработка концепции и дизайна исследования; О.И. Оренбуркина — сбор данных и их интерпретация, редактирование и финальная подготовка статьи к публикации; Ю.Г. Копченова — сбор данных, их интерпретация и редактирование; Д.В. Вейберт, Е.М. Алифанова — сбор данных и их интерпретация.

**Authors' contribution:** A.M. Frolov — development of the concept and design of the study, editing and final preparation of the manuscript for publication; F.T. Dulani — development of the concept and design of the study, data collection and interpretation, manuscript writing; M.A. Frolov, I.V. Vorobyeva — development of the concept and design of the study; O.I. Orenburkina — data collection and interpretation, editing and final preparation of the manuscript for publication; Yu.G. Kopchenova — data collection, interpretation, and editing; D.V. Veybert, E.M. Alifanova — data collection and interpretation.

Поступила: 30.04.2026. Переработана: 06.05.2026. Принята к печати: 07.05.2026

Originally received: 30.04.2026. Final revision: 06.05.2026. Accepted: 07.05.2026

## ИНФОРМАЦИЯ ОБ АВТОРАХ/INFORMATION ABOUT THE AUTHORS

<sup>1</sup> ФГАОУ ВО «Российский университет дружбы народов им. Патриса Лумумбы», ул. Миклухо-Маклая, д. 6, Москва, 117198, Россия

<sup>2</sup> ГБУЗ «Московский клинический научно-исследовательский центр — Больница № 52» Департамента здравоохранения города Москвы, ул. Пехотная, д. 3, Москва, 132182, Россия

<sup>3</sup> Всероссийский центр глазной и пластической хирургии ФГБОУ ВО БГМУ Минздрава России, ул. Зорге, д. 61 Уфа, 450075, Россия

**Александр Михайлович Фролов** — канд. мед. наук, доцент кафедры глазных болезней<sup>1</sup>, ORCID 0000-0003-0988-1361

**Фаваз Тарек Дулани** — аспирант кафедры глазных болезней<sup>1</sup>, врач-офтальмолог офтальмологического отделения<sup>2</sup>, ORCID 0000-0001-9171-6095

**Михаил Александрович Фролов** — д-р мед. наук, профессор, заведующий кафедрой глазных болезней<sup>1</sup>, ORCID 0000-0002-9833-6236

**Ольга Ивановна Оренбуркина** — д-р мед. наук, доцент кафедры глазных болезней<sup>1</sup>, директор<sup>3</sup>, ORCID 0000-0001-6815-8208

**Юлия Геннадьевна Копченова** — ассистент кафедры глазных болезней<sup>1</sup>, заведующая офтальмологическим отделением<sup>2</sup>, ORCID 0000-0003-3940-0178

**Ирина Витальевна Воробьева** — д-р мед. наук, профессор, профессор кафедры глазных болезней<sup>1</sup>, ORCID 0000-0003-2707-8417

**Дарья Валерьевна Вейберт** — студентка<sup>1</sup>, ORCID 0009-0009-6889-1835

**Елизавета Михайловна Алифанова** — студентка<sup>1</sup>

**Для контактов:** Фаваз Тарек Дулани,  
dolani.fawaz@yandex.ru

<sup>1</sup> Peoples' Friendship University of Russia named after Patrice Lumumba, 6, Miklukho-Maklaya St., Moscow, 117198, Russia

<sup>2</sup> Moscow City Clinical Hospital 52, 3, Pekhotnaya St., Moscow, 132182, Russia

<sup>3</sup> Russian Center for Eye and Plastic Surgery, Bashkir State Medical University, 67, Bldg. 1, Richard Sorge St., Ufa, 450075, Russia

**Alexander M. Frolov** — Cand. of Med. Sci., associate professor of chair of eye diseases<sup>1</sup>, ORCID 0000-0003-0988-1361

**Favaz T. Dulani** — PhD student of chair of eye diseases<sup>1</sup>; ophthalmologist<sup>2</sup>, ORCID 0000-0001-9171-6095

**Mikhail A. Frolov** — Dr. of Med. Sci., professor, head of chair of eye diseases<sup>1</sup>, ORCID 0000-0002-9833-6236

**Olga I. Orenburkina** — Dr. of Med. Sci., associate professor of chair of eye diseases<sup>1</sup>, director<sup>3</sup>, ORCID 0000-0001-6815-8208

**Yulia G. Kopchenova** — assistant professor of chair of eye diseases<sup>1</sup>, head of the department of ophthalmology<sup>2</sup>, ORCID 0000-0003-3940-0178

**Irina V. Vorobyeva** — Dr. of Med. Sci., professor, professor of chair of eye diseases<sup>1</sup>, ORCID 0000-0003-2707-8417

**Daria V. Veybert** — student<sup>1</sup>, ORCID 0009-0009-6889-1835

**Elizaveta M. Alifanova** — student<sup>1</sup>

**For contacts:** Favaz Tarek Dulani,  
dolani.fawaz@yandex.ru