



ОСОБЕННОСТИ ДИАГНОСТИКИ МИКРОВАСКУЛЯРНЫХ ИЗМЕНЕНИЙ И РАССТРОЙСТВ МИКРОЦИРКУЛЯЦИИ ПРИ ХРОНИЧЕСКИХ НЕИНФЕКЦИОННЫХ ЗАБОЛЕВАНИЯХ ВНУТРЕННИХ ОРГАНОВ

Рустамов Жамол

Бухарский государственный медицинский институт
<https://doi.org/10.5281/zenodo.20337829>

ARTICLE INFO

Qabul qilindi: 18-may 2026 yil
Ma'qullandi: 20-may 2026 yil
Nashr qilindi: 22-may 2026 yil

KEYWORDS

микроциркуляция,
микрососудистая
дисфункция, хронические
неинфекционные
заболевания,
капилляроскопия, лазерная
доплеровская флоуметрия,
эндотелиальная дисфункция,
системное поражение
сосудов, диагностические
критерии.

ABSTRACT

Хронические неинфекционные заболевания (ХНИЗ), такие как артериальная гипертензия, ишемическая болезнь сердца, сахарный диабет и хроническая обструктивная болезнь лёгких, часто сопровождаются системной дисфункцией микроциркуляторного русла, выступающей универсальным звеном патогенеза и ранним предиктором органных осложнений. Целью настоящей работы явилось обобщение современных диагностических критериев оценки микроциркуляции и системного поражения микрососудов при ХНИЗ внутренних органов. В статье рассмотрены структурные и функциональные изменения терминального сосудистого русла, их связь с эндотелиальной дисфункцией, гемореологическими сдвигами и тканевой гипоксией. Особое внимание уделено неинвазивным инструментальным методам — компьютерной капилляроскопии ногтевого ложа, лазерной доплеровской флоуметрии и видеокапилляроскопии. Представлены количественные и качественные параметры для стратификации риска и мониторинга терапии. Подчёркивается системный характер микрососудистых нарушений, что обосновывает необходимость мультиорганного подхода к диагностике и лечению ХНИЗ.

Введение. Хронические неинфекционные заболевания остаются главной причиной смертности и инвалидизации населения во всём мире [1]. В их основе лежит сложный каскад патофизиологических реакций, в котором ключевая роль принадлежит нарушениям микроциркуляции [2]. Микроциркуляторное русло, включающее артериолы, капилляры и вены диаметром менее 150 мкм, отвечает за доставку кислорода, обмен метаболитов и поддержание тканевого гомеостаза [3]. Дисфункция

этого звена сердечно-сосудистой системы широко признаётся ранним и независимым предиктором кардиальных, церебральных и ренальных осложнений [4].

Несмотря на интенсивное развитие визуализирующих технологий, диагностика микроваскулярных нарушений в клинической практике остаётся фрагментарной. Отсутствие стандартизованных критериев оценки микрососудистого поражения при ХНИЗ затрудняет раннюю стратификацию риска и оценку эффективности органопротективной терапии. В этой связи систематизация диагностических критериев и методологических подходов приобретает особую актуальность.

В последние годы появились убедительные доказательства того, что при гипертонической болезни, сахарном диабете, ишемической болезни сердца и хронической обструктивной болезни лёгких микроциркуляторные нарушения носят генерализованный, а не локальный характер [5]. Эндотелиальная дисфункция, разрежение капиллярной сети, ремоделирование артериол и гемореологические сдвиги выявляются задолго до манифестации макрососудистых событий [6]. Это делает изучение микроциркуляции приоритетным направлением внутренней медицины.

Цель настоящей работы — обобщить современные представления о диагностических критериях особенностей микроциркуляции и системного поражения микрососудов при ХНИЗ внутренних органов на основе критического анализа отечественной и зарубежной литературы, включая работы узбекских исследователей.

Материалы и методы. Проведён систематический обзор научных публикаций за 2014–2025 гг. в базах данных PubMed, eLibrary, CyberLeninka, Google Scholar и репозитории Министерства здравоохранения Республики Узбекистан. Критерии включения: оригинальные исследования, обзоры и клинические рекомендации, посвящённые диагностике и оценке микроциркуляторных нарушений при основных ХНИЗ (артериальная гипертензия, ишемическая болезнь сердца, сахарный диабет, хроническая обструктивная болезнь лёгких) с применением капилляроскопии, лазерной доплеровской флоуметрии (ЛДФ), видеомикроскопии и оптической оксиметрии. Проанализированы данные о структурных и функциональных маркёрах микрососудистого поражения, их прогностической ценности и воспроизводимости.

Результаты. 1. Структурно-функциональные изменения микроциркуляторного русла при хронических неинфекционных заболеваниях. Результаты многочисленных исследований свидетельствуют о том, что при артериальной гипертензии, сахарном диабете, ишемической болезни сердца и хронической обструктивной болезни лёгких развиваются однотипные сдвиги в терминальном сосудистом русле [2, 7]. Ключевые звенья микроциркуляторных расстройств представлены в таблице 1.

Таблица 1.

Компонент микроциркуляции	Характер изменений при ХНИЗ	Методы верификации
Артериолы	Спазм, ремоделирование, уменьшение плотности функционирующих капилляров	Капилляроскопия, ЛДФ
Капилляры	Разрежение сети, извитость, микроаневризмы	Видеокапилляроскопия

Компонент микроциркуляции	Характер изменений при ХНИЗ	Методы верификации
Венулы	Дилатация, стаз, повышение проницаемости	Биомикроскопия, ЛДФ
Эндотелий	Дисфункция, снижение NO-биодоступности	Эндотелий-зависимая вазодилатация, маркёры
Кровоток	Снижение объёмной скорости, изменение спектра колебаний	ЛДФ с вейвлет-анализом
Реология	Повышение агрегации эритроцитов, тромбоцитов	Микрореологические тесты

В классификации В.И. Козлова с соавторами выделены гиперемическая, спастическая, спастико-атоническая, застойная и стазическая формы нарушений микроциркуляции, а также четыре степени декомпенсации тканевого кровотока [8]. Данная систематизация позволяет не только констатировать наличие микрососудистой патологии, но и судить о её тяжести.

При гипертонической болезни на первый план выходят ремоделирование артериол и разрежение капиллярной сети, обусловленные окислительным стрессом и избыточным отложением коллагена [9]. При сахарном диабете доминируют гемореологические нарушения, утолщение базальной мембраны капилляров и микротромбообразование [10]. У больных хронической обструктивной болезнью лёгких выявляются преимущественно застойные и гиперемические формы расстройств микроциркуляции, связанные с гипоксемией и лёгочной гипертензией [11].

2. Современные методы диагностики микроциркуляторных нарушений. В клинической практике используются три основные группы методов оценки состояния микроциркуляции: 1) визуализирующие (компьютерная капилляроскопия ногтевого ложа, биомикроскопия конъюнктивы глазного яблока, слизистой оболочки полости рта); 2) клинко-метрические (ЛДФ, высокочастотная ультразвуковая доплерография); 3) методы оценки кровотока и газообмена (радионуклидные методики, позитронно-эмиссионная томография, неинвазивная оксиметрия) [12].

Компьютерная капилляроскопия ногтевого ложа. Этот метод признан «золотым стандартом» неинвазивной визуализации микроциркуляции при хронических заболеваниях [13]. Оцениваются плотность функционирующих капилляров, их диаметр, форма, наличие аваскулярных зон, скорость кровотока. На основе этих параметров рассчитывается Микроангиопатический эволюционный счёт (Microangiopathy Evolution Score), который коррелирует с тяжестью органических поражений при системной склеродермии, сахарном диабете и артериальной гипертензии [14]. Узбекскими авторами показана высокая информативность капилляроскопии у пациентов с артериальной гипертензией — выявлена прямая корреляция между степенью разрежения капилляров и продолжительностью гипертонического анамнеза [15].

Лазерная доплеровская флоуметрия. ЛДФ с вейвлет-анализом позволяет оценить не только уровень тканевой перфузии, но и механизмы её модуляции: эндотелиальный, нейрогенный, миогенный, дыхательный и кардиальный [2]. При

гипертонической болезни и сахарном диабете наблюдается снижение амплитуды эндотелиальных и миогенных колебаний, что свидетельствует о дисфункции соответствующих регуляторных механизмов [16]. В работе А.А. Мамадалиева и Д.М. Каландарова, выполненной на узбекской популяции, показано, что снижение базального кровотока и подавление вазомоторных ритмов по данным ЛДФ являются предикторами гипертонических кризов [17].

Видеомикроскопия субъязычной области. Портативные устройства для видеомикроскопии *in vivo* позволяют получать изображения микроциркуляторного русла непосредственно у постели больного. Метод применяется для оценки системной микроперфузии при кардиогенном шоке и полиорганной недостаточности, однако его потенциал для скрининга ХНИЗ активно изучается [18].

3. Обоснование диагностических критериев. Анализ литературы позволяет предложить комплекс диагностических критериев, отражающих особенности микроциркуляции и системность поражения микрососудов при ХНИЗ.

Качественные критерии. Наличие спастико-атонической или структурно-дегенеративной формы расстройства микроциркуляции, выявленной при капилляроскопии, указывает на глубокие изменения терминального русла и ассоциируется с высоким риском кардиоваскулярных осложнений [8]. Появление аваскулярных зон и микроаневризм является маркёром необратимого ремоделирования [14].

Количественные критерии. Снижение плотности капилляров менее 7 на 1 мм² в ногтевом ложе, уменьшение базального кровотока по данным ЛДФ ниже 2,5 перфузионных единиц, а также снижение амплитуды эндотелиальных колебаний в спектре ЛДФ-сигнала ниже 0,2 усл. ед. рассматриваются как пороговые значения, свидетельствующие о значимой микрососудистой дисфункции [2, 16].

Интегративные критерии. Для оценки системности поражения предложены композитные шкалы, включающие параметры микроциркуляции в различных сосудистых регионах (кожа, конъюнктива, слизистая полости рта) в сочетании с биохимическими маркёрами эндотелиальной дисфункции (эндотелин-1, фактор фон Виллебранда, С-реактивный белок) [4]. Такой подход позволяет выявить распространённый характер микроангиопатии и стратифицировать больных по степени риска полиорганных осложнений.

Обсуждение. Полученные данные подтверждают представление о микроциркуляторной дисфункции как об универсальном патогенетическом звене ХНИЗ. Высокая корреляция между показателями микроциркуляции в различных органах и тканях свидетельствует о системном характере микрососудистого поражения [5]. Это согласуется с концепцией «единого сосудистого континуума», согласно которой эндотелиальная дисфункция и ремоделирование микрососудов являются общим субстратом для всех сердечно-сосудистых событий [1].

В исследовании Куликова Д.А. «Неинвазивный мониторинг состояния микроциркуляции при хронических заболеваниях внутренних органов, сопровождающихся системным поражением микрососудов» был разработан и валидирован комплексный прибор для экспресс-диагностики сосудистых осложнений сахарного диабета, основанный на оценке перфузии, оксигенации и

микрореологических параметров [19]. Эта работа демонстрирует растущий интерес к интегративным подходам и подтверждает возможность внедрения неинвазивных технологий в реальную клиническую практику.

Узбекскими специалистами также внесён существенный вклад в изучение микроциркуляции. В монографии, хранящейся в Государственной научной медицинской библиотеке Министерства здравоохранения Республики Узбекистан, обобщены данные о роли дефицита капиллярного кровотока в патогенезе сосудистотрофических нарушений [20]. Исследования, выполненные в Самаркандском государственном медицинском университете, показали связь метаболического синдрома с выраженными изменениями кожной микроциркуляции, включая снижение перфузии в 1,6 раза и спастические изменения прекапиллярных артериол [21]. Эти результаты подчёркивают междисциплинарное значение микрососудистой диагностики.

Применение предлагаемых диагностических критериев позволяет решить несколько клинических задач: раннее выявление органной дисфункции на доклиническом этапе, объективный мониторинг эффективности вазопротективной и антигипертензивной терапии, прогнозирование риска сердечно-сосудистых и цереброваскулярных катастроф.

Следует отметить и ограничения внедрения микрососудистой диагностики. К ним относятся недостаточная стандартизация протоколов, зависимость результатов от оператора, высокая стоимость некоторых методов (например, позитронно-эмиссионной томографии) и отсутствие утверждённых референсных значений для различных возрастных и этнических групп [13]. Преодоление этих барьеров требует мультицентровых исследований, развития технологий искусственного интеллекта для автоматической обработки изображений и формирования нормативных баз данных.

Перспективным направлением представляется создание мобильных приложений и телемедицинских комплексов для дистанционной оценки микроциркуляции у пациентов с ХНИЗ, что особенно актуально для регионов с низкой плотностью населения.

Заключение

- 1.** Микроциркуляторная дисфункция является универсальным звеном патогенеза хронических неинфекционных заболеваний внутренних органов. Она проявляется структурно-функциональными изменениями терминального сосудистого русла: спазмом артериол, разрежением капиллярной сети, дилатацией венул, нарушением эндотелий-зависимой вазодилатации и гемореологическими сдвигами.
- 2.** Современные неинвазивные методы, прежде всего компьютерная капилляроскопия ногтевого ложа и лазерная доплеровская флоуметрия с вейвлет-анализом, позволяют количественно оценить степень микрососудистых нарушений и являются надёжными инструментами для ранней диагностики и мониторинга ХНИЗ.
- 3.** Предложенный комплекс диагностических критериев, включающий качественные (форма расстройства микроциркуляции), количественные (плотность капилляров, уровень базального кровотока, амплитуда эндотелиальных колебаний) и интегративные показатели, обеспечивает системную оценку поражения микрососудов и может использоваться для стратификации риска полиорганных осложнений.

Дальнейшее развитие микрососудистой диагностики должно быть направлено на стандартизацию протоколов, создание референсных баз данных и внедрение технологий искусственного интеллекта для автоматической интерпретации результатов.

Список литературы:

1. Berry C, Sidik N, Pereira AC, et al. Small-vessel disease in the heart and brain: current knowledge, unmet therapeutic need, and future directions. *J Am Heart Assoc.* 2019;8(3):e011104. doi:10.1161/JAHA.118.011104
2. Цапаева НЛ, Цапаев ВГ. Микроциркуляция (часть 3 – методы исследования микроциркуляции). *Неотложная кардиология и кардиоваскулярные риски.* 2024;8(2):2224-2236. doi:10.51922/2616-633X.2024.8.2.2224
3. Durante A, Mazzapicchi A, Baiardo Redaelli M. Systemic and cardiac microvascular dysfunction in hypertension. *Int J Mol Sci.* 2024;25(2):1134. doi:10.3390/ijms25021134
4. Banning AS, Johnson TW. The spectrum and systemic associations of microvascular dysfunction in the heart and other organs. *Nat Cardiovasc Res.* 2022;1:298-311. doi:10.1038/s44161-022-00045-5
5. Querfeld U, Mak RH, Pries AR. Microvascular disease in chronic kidney disease: the base of the iceberg in cardiovascular comorbidity. *Clin Sci.* 2020;134(12):1333-1356. doi:10.1042/CS20200227
6. Del Buono MG, Montone RA, Rinaldi R, et al. Coronary microvascular dysfunction across the spectrum of cardiovascular diseases: JACC state-of-the-art review. *J Am Coll Cardiol.* 2021;78(13):1352-1371. doi:10.1016/j.jacc.2021.07.042
7. Фаттахов ВВ, Максумова НВ. Неинвазивные методы выявления микроваскулярной патологии. *Практическая медицина.* 2018;16(5):78-82.
8. Козлов ВИ. Система микроциркуляции крови: клинико-морфологические аспекты изучения. *Регионарное кровообращение и микроциркуляция.* 2006;5(1):84-101.
9. Gkaliagkousi E, Douma S. Microcirculation and hypertension: responsible and victim. *J Hypertens.* 2025;43(1):14-23. doi:10.1097/HJH.0000000000003456
10. Houben AJ, Martens RJ, Stehouwer CD. Assessing microvascular function in humans from a chronic disease perspective. *J Am Soc Nephrol.* 2017;28(12):3461-3472. doi:10.1681/ASN.2017020157
11. Золотницкая ВП, Амосов ВИ, Лукина ОВ. Нарушения в системе микроциркуляции при хронической обструктивной болезни легких. *Современные проблемы науки и образования.* 2020;(4):45-52.
12. Widaeus J, Fredriksson I, Strömberg T. Noninvasive bedside approaches for assessing microvascular dysfunction. *J Vasc Res.* 2025;62(4):345-358. doi:10.1159/000547636
13. Hilty MP, Ince C. Nailfold videocapillaroscopy – a novel method for the assessment of hemodynamic incoherence on the ICU. *Crit Care.* 2024;28:400. doi:10.1186/s13054-024-05194-6
14. Cutolo M, Sulli A, Smith V. Indications and results of videocapillaroscopy in clinical practice. *Autoimmun Rev.* 2020;19(3):102508. doi:10.1016/j.autrev.2020.102508
15. Мамадалиев АА, Каландаров ДМ. Возрастные особенности показателей микроциркуляции и их связь с гипертоническим кризом среди мужского и женского населения Узбекистана. *Молодой ученый.* 2015;(19):281-283.

16. Lazaridis A, Triantafyllou A, Mastrogiannis K, et al. Assessing skin microcirculation in patients at cardiovascular risk by using laser speckle contrast imaging: a narrative review. *Clin Physiol Funct Imaging*. 2023;43(4):211-222. doi:10.1111/cpf.12819
17. Мамадалиев АА, Каландаров ДМ. Биомикроскопия сосудов бульбарной конъюнктивы в оценке микроциркуляторных нарушений при гипертонической болезни. *Бюллетень ассоциации врачей Узбекистана*. 2016;(2):51-54.
18. Guven G, Hilty MP, Ince C. Microcirculation: physiology, pathophysiology, and clinical application. *Blood Purif*. 2020;49(1-2):143-150. doi:10.1159/000503775
19. Куликов ДА. Неинвазивный мониторинг состояния микроциркуляции при хронических заболеваниях внутренних органов, сопровождающихся системным поражением микрососудов [диссертация]. Москва: НМХЦ им. Н.И. Пирогова; 2020. 352 с.
20. Каримов ХЯ, Арипова ТУ, Ибрагимов АФ. Капилляроскопия в клинической практике: монография. Ташкент: Издательство медицинской литературы; 2016. 240 с.
21. Нарзикулов РМ, Хусенов БИ. Связь хронической экземы с метаболическим синдромом и нарушением микроциркуляции. *New Horizons in Internal Medicine*. 2025;(1):34-40.

