



New Day in Medicine
Новый День в Медицине

NDM



TIBBIYOTDA YANGI KUN

Ilmiy referativ, marifiy-ma'naviy jurnal



AVICENNA-MED.UZ



ISSN 2181-712X.
EISSN 2181-2187

8 (94) 2026

Сопредседатели редакционной коллегии:

**Ш. Ж. ТЕШАЕВ,
А. Ш. РЕВИШВИЛИ**

Ред. коллегия:
М.И. АБДУЛЛАЕВ
А.А. АБДУМАЖИДОВ
Р.Б. АБДУЛЛАЕВ
Л.М. АБДУЛЛАЕВА
А.Ш. АБДУМАЖИДОВ
М.А. АБДУЛЛАЕВА
Х.А. АБДУМАДЖИДОВ
Б.З. АБДУСАМАТОВ
У.О. АБИДОВ
М.М. АКБАРОВ
Х.А. АКИЛОВ
М.М. АЛИЕВ
С.Ж. АМИНОВ
Ш.Э. АМОНОВ
Ш.М. АХМЕДОВ
Ю.М. АХМЕДОВ
С.М. АХМЕДОВА
Т.А. АСКАРОВ
М.А. АРТИКОВА
Д.Т. АШУРОВА
Ж.Б. БЕКНАЗАРОВ (главный редактор)
Е.А. БЕРДИЕВ
Б.Т. БУЗРУКОВ
Р.К. ДАДАБАЕВА
М.Н. ДАМИНОВА
К.А. ДЕХКОНОВ
Э.С. ДЖУМАБАЕВ
А.А. ДЖАЛИЛОВ
Н.Н. ЗОЛотова
А.Ш. ИНОЯТОВ
С. ИНДАМИНОВ
А.И. ИСКАНДАРОВ
А.С. ИЛЪЯСОВ
Э.Э. КОБИЛОВ
А.М. МАННАНОВ
Д.М. МУСАЕВА
Т.С. МУСАЕВ
М.Р. МИРЗОЕВА
Ф.Г. НАЗИРОВ
Н.А. НУРАЛИЕВА
Ф.С. ОРИПОВ
Б.Т. РАХИМОВ
Х.А. РАСУЛОВ
Ш.И. РУЗИЕВ
С.А. РУЗИБОЕВ
С.А. ГАФФОРОВ
С.Т. ШАТМАНОВ (Кыргызстан)
Ж.Б. САТТАРОВ
Б.Б. САФОЕВ (отв. редактор)
И.А. САТИВАЛДИЕВА
Ш.Т. САЛИМОВ
Д.И. ТУКСАНОВА
М.М. ТАДЖИЕВ
А.Ж. ХАМРАЕВ
Б.Б. ХАСАНОВ
Д.А. ХАСАНОВА
Б.З. ХАМДАМОВ
Э.Б. ХАККУЛОВ
Г.С. ХОДЖИЕВА
А.М. ШАМСИЕВ
А.К. ШАДМАНОВ
Н.Ж. ЭРМАТОВ
Б.Б. ЕРГАШЕВ
Н.Ш. ЕРГАШЕВ
И.Р. ЮЛДАШЕВ
Д.Х. ЮЛДАШЕВА
А.С. ЮСУПОВ
Ш.Ш. ЯРИКУЛОВ
М.Ш. ХАКИМОВ
Д.О. ИВАНОВ (Россия)
К.А. ЕГЕЗАРЯН (Россия)
DONG JINCHENG (Китай)
КУЗАКОВ В.Е. (Россия)
Я. МЕЙЕРНИК (Словакия)
В.А. МИТИШ (Россия)
В.И. ПРИМАКОВ (Беларусь)
О.В. ПЕШИКОВ (Россия)
А.А. ПОТАПОВ (Россия)
А.А. ТЕПЛОВ (Россия)
Т.Ш. ШАРМАНОВ (Казахстан)
А.А. ЩЕГОЛОВ (Россия)
С.Н. ГУСЕЙНОВА (Азербайджан)
Prof. Dr. KURBANHAN MUSLUMOV (Azerbaijan)
Prof. Dr. DENIZ UYAK (Germany)

ТИББИЁТДА ЯНГИ КУН НОВЫЙ ДЕНЬ В МЕДИЦИНЕ NEW DAY IN MEDICINE

*Илмий-рефератив, маънавий-маърифий журнал
Научно-реферативный,
духовно-просветительский журнал*

УЧРЕДИТЕЛИ:

**БУХАРСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ
МЕДИЦИНСКИЙ ИНСТИТУТ
ООО «ТИББИЁТДА ЯНГИ КУН»**

Национальный медицинский
исследовательский центр хирургии имени
А.В. Вишневского является генеральным
научно-практическим
консультантом редакции

Журнал был включен в список журнальных
изданий, рецензируемых Высшей
Аттестационной Комиссией
Республики Узбекистан
(Протокол № 201/03 от 30.12.2013 г.)

РЕДАКЦИОННЫЙ СОВЕТ:

М.М. АБДУРАХМАНОВ (Бухара)
Г.Ж. ЖАРЫЛКАСЫНОВА (Бухара)
А.Ш. ИНОЯТОВ (Ташкент)
Г.А. ИХТИЁРОВА (Бухара)
Ш.И. КАРИМОВ (Ташкент)
У.К. КАЮМОВ (Тошкент)
Ш.И. НАВРУЗОВА (Бухара)
А.А. НОСИРОВ (Ташкент)
А.Р. ОБЛОКУЛОВ (Бухара)
Б.Т. ОДИЛОВА (Ташкент)
Ш.Т. УРАКОВ (Бухара)

8 (94)

2026

Август

www.bsmi.uz

<https://newdaymedicine.com>

E: ndmuz@mail.ru

Тел: +99890 8061882

УДК 616.379-008.64-06:616.379-008.64-089.168.1:616-005.1:612.017.1:616.94-07

**КОМПЛЕКСНАЯ ОЦЕНКА МИКРОЦИРКУЛЯЦИИ И ИММУННОГО СТАТУСА
ДЛЯ РАННЕГО ПРОГНОЗИРОВАНИЯ СЕПТИЧЕСКИХ ОСЛОЖНЕНИЙ ПРИ
СИНДРОМЕ ДИАБЕТИЧЕСКОЙ СТОПЫ**

Боймуродов Х.А., Газиев З.Т., Рамазанова З.Ф.

Ташкентский государственный медицинский университет, 100109 Ташкент, Узбекистан,
ул. Фаробия, 2, Тел: +998781507825 E-mail: info@tdmu.uz

✓ **Резюме**

Септические осложнения остаются одной из основных причин неблагоприятных исходов у пациентов с синдромом диабетической стопы, приводя к увеличению частоты ампутаций, длительности госпитализации и летальности. Своевременное выявление больных с высоким риском генерализации инфекционного процесса имеет важное значение для выбора оптимальной лечебной тактики. Целью настоящего исследования явилась оценка диагностической значимости комплексного анализа показателей микроциркуляции и иммунного статуса для раннего прогнозирования развития септических осложнений у пациентов с синдромом диабетической стопы. В исследование были включены пациенты с различной степенью тяжести инфекционного процесса, которым наряду с клинико-лабораторным обследованием проводилась оценка микроциркуляторного кровотока и определение основных иммунологических показателей. Установлено, что развитие тяжелых инфекционных осложнений сопровождается выраженным ухудшением тканевой перфузии, признаками эндотелиальной дисфункции, снижением функциональной активности клеточного иммунитета и повышением концентрации провоспалительных цитокинов. Наиболее высокая прогностическая ценность отмечена при одновременном использовании показателей микроциркуляции и иммунного статуса, что позволило повысить точность раннего выявления пациентов с высоким риском сепсиса. Полученные результаты подтверждают целесообразность применения комплексного диагностического подхода для стратификации риска и своевременной коррекции лечебной тактики у пациентов с синдромом диабетической стопы.

Ключевые слова: синдром диабетической стопы, септические осложнения, прогнозирование риска, микроциркуляторное русло, иммунный статус, клеточный иммунитет, цитокины, эндотелиальная дисфункция, тканевая перфузия, воспалительный ответ.

**A COMPREHENSIVE ASSESSMENT OF MICROCIRCULATION AND IMMUNE
STATUS FOR EARLY PREDICTION OF SEPTIC COMPLICATIONS IN DIABETIC FOOT
SYNDROME**

Boimurodov Kh.A., Gaziyeu Z.T., Ramazanova Z.F.

Tashkent State Medical University, 100109 Tashkent, Uzbekistan,
Farobia Street, 2, Tel: +998781507825 Email: info@tdmu.uz

✓ **Resume**

Septic complications remain one of the main causes of adverse outcomes in patients with diabetic foot syndrome, leading to increased amputation rates, prolonged hospitalization, and mortality. Timely identification of patients at high risk of generalized infection is essential for choosing the optimal treatment strategy. The aim of this study was to evaluate the diagnostic value of a comprehensive analysis of microcirculation and immune status parameters for the early prediction of septic complications in patients with diabetic foot syndrome. The study included patients with varying degrees of infectious severity. Along with clinical and laboratory examinations,

microcirculatory blood flow was assessed and key immunological parameters were determined. It was found that the development of severe infectious complications is accompanied by a significant deterioration in tissue perfusion, signs of endothelial dysfunction, decreased functional activity of cellular immunity, and increased concentrations of proinflammatory cytokines. The highest prognostic value was observed with the simultaneous use of microcirculation and immune status parameters, which improved the accuracy of early identification of patients at high risk of sepsis. The obtained results confirm the feasibility of using a comprehensive diagnostic approach for risk stratification and timely adjustment of treatment strategies in patients with diabetic foot syndrome.

Key words: diabetic foot syndrome, septic complications, risk prediction, microcirculatory bed, immune status, cellular immunity, cytokines, endothelial dysfunction, tissue perfusion, inflammatory response.

DIABETIK OYOQ SINDROMINDA SEPTIK ASORATLARNI ERTA BASHORAT QILISH UCHUN MIKROSIRSKULYATSIYA VA IMMUNIT HOLATINI KOMPLEKS BAHOLASH

Boimurodov X.A., Gaziyeu Z.T., Ramazanova Z.F.

Toshkent Davlat Tibbiyot Universiteti, 100109 Toshkent, O'zbekiston,
Farobiya ko'chasi, 2, Tel: +998781507825 Elektron pochta: info@tdmu.uz

✓ Rezyume

Septik asoratlar diabetik oyoq sindromi bilan og'rigan bemorlarda noxush natijalarning asosiy sabablaridan biri bo'lib qolmoqda, bu esa amputatsiya darajasining oshishiga, kasalxonaga yotqizishning uzoq davom etishiga va o'limga olib keladi. Umumiy infeksiya xavfi yuqori bo'lgan bemorlarni o'z vaqtida aniqlash optimal davolash strategiyasini tanlash uchun juda muhimdir. Ushbu tadqiqotning maqsadi diabetik oyoq sindromi bilan og'rigan bemorlarda septik asoratlarni erta bashorat qilish uchun mikrosirkulyatsiya va immunitet holati parametrlarini kompleks tahlil qilishning diagnostik qiymatini baholash edi. Tadqiqotga turli darajadagi yuqumli og'irlikdagi bemorlar kiritilgan. Klinik va laboratoriya tekshiruvlari bilan bir qatorda, mikrosirkulyator qon oqimi baholandi va asosiy immunologik parametrlar aniqlandi. Og'ir yuqumli asoratlarning rivojlanishi to'qima perfuziyasining sezilarli darajada yomonlashishi, endotelial disfunktsiya belgilari, hujayra immunitetining funktsional faolligining pasayishi va yallig'lanishga qarshi sitokinlar konsentratsiyasining ortishi bilan birga kelishi aniqlandi. Eng yuqori prognostik qiymat mikrosirkulyatsiya va immun holati parametrlarini bir vaqtning o'zida qo'llash bilan kuzatildi, bu esa sepsis xavfi yuqori bo'lgan bemorlarni erta aniqlashning aniqligini oshirdi. Olingan natijalar diabetik oyoq sindromi bilan og'rigan bemorlarda xavfni stratifikatsiya qilish va davolash strategiyalarini o'z vaqtida sozlash uchun kompleks diagnostika yondashuvidan foydalanishning maqsadga muvofiqligini tasdiqlaydi.

Kalit so'zlar: diabetik oyoq sindromi, septik asoratlar, xavfni bashorat qilish, mikrosirkulyator to'shagi, immunitet holati, hujayra immuniteti, sitokinlar, endotelial disfunktsiya, to'qima perfuziyasi, yallig'lanish javobi.

Актуальность

Синдром диабетической стопы (СДС) является одним из наиболее тяжелых хронических осложнений сахарного диабета, характеризующимся сочетанием нейропатии, ангиопатии и инфекционного поражения тканей нижних конечностей. Высокая распространенность заболевания, склонность к быстрому прогрессированию гнойно-некротического процесса и значительный риск развития сепсиса определяют актуальность поиска новых методов ранней диагностики неблагоприятного течения заболевания. Несмотря на достижения современной медицины, септические осложнения при СДС остаются одной из ведущих причин высоких ампутаций, длительной госпитализации и летальных исходов [1,2].

Развитие инфекционного процесса при синдроме диабетической стопы обусловлено сложным взаимодействием сосудистых, метаболических и иммунологических нарушений. Хроническая гипергликемия приводит к повреждению эндотелия сосудов, нарушению микроциркуляции,

снижению доставки кислорода к тканям и ухудшению процессов регенерации. В условиях локальной гипоксии снижается эффективность защитных механизмов организма, создаются благоприятные условия для колонизации и распространения патогенной микрофлоры, что способствует переходу локальной инфекции в генерализованную форму [3,4].

Одновременно с сосудистыми нарушениями существенную роль в патогенезе септических осложнений играет дисфункция иммунной системы. У пациентов с сахарным диабетом отмечается снижение активности нейтрофилов и макрофагов, нарушение фагоцитоза, угнетение клеточного иммунитета, изменение продукции цитокинов и дисбаланс между про- и противовоспалительными медиаторами. Подобные изменения приводят к недостаточному контролю инфекционного процесса, усилению воспалительной реакции и повышению вероятности развития сепсиса [5,6].

В последние годы особый интерес представляет изучение взаимосвязи между состоянием микроциркуляции и иммунного ответа. Нарушение капиллярного кровотока ограничивает поступление иммунокомпетентных клеток и антибактериальных препаратов в очаг воспаления, тогда как выраженная иммунная дисфункция способствует повреждению сосудистого эндотелия и дальнейшему ухудшению тканевой перфузии. Таким образом, микроциркуляторные и иммунологические изменения формируют единый патологический механизм, определяющий тяжесть инфекционного процесса и вероятность возникновения септических осложнений [7,8,9,16].

Несмотря на многочисленные исследования, большинство существующих прогностических моделей основано преимущественно на клинических признаках заболевания и общелабораторных показателях воспаления. Вместе с тем диагностическая ценность комплексной оценки микроциркуляции и иммунного статуса у пациентов с синдромом диабетической стопы изучена недостаточно. Отсутствуют общепринятые критерии, позволяющие объективно оценить риск развития сепсиса на ранних этапах заболевания и своевременно выделить пациентов, нуждающихся в более интенсивной терапии [10,11,15].

В связи с этим комплексный анализ показателей микроциркуляции и иммунного статуса представляет значительный научный и практический интерес. Выявление ранних изменений тканевой перфузии в сочетании с оценкой иммунологических нарушений может способствовать более точной стратификации риска септических осложнений, повышению эффективности лечебных мероприятий и улучшению клинических исходов у пациентов с синдромом диабетической стопы [12,13,14].

Цель исследования — оценить диагностическую и прогностическую значимость комплексного исследования показателей микроциркуляции и иммунного статуса для раннего прогнозирования развития септических осложнений у пациентов с синдромом диабетической стопы.

Материал и методы

Исследование выполнено на базе отделения гнойной хирургии и отделения анестезиологии и реаниматологии многопрофильного стационара в период с января 2024 по март 2026 года. В проспективное наблюдательное исследование были включены 76 пациентов с синдромом диабетической стопы (СДС), госпитализированных по поводу инфекционно-воспалительных осложнений. Исследование проводилось в соответствии с принципами Хельсинкской декларации Всемирной медицинской ассоциации. Все пациенты до начала исследования подписали добровольное информированное согласие на участие.

Критерии включения

- возраст 18 лет и старше;
- установленный диагноз сахарного диабета 1-го или 2-го типа;
- наличие синдрома диабетической стопы с клиническими признаками инфекционного процесса;
- отсутствие противопоказаний к проведению инструментальных и лабораторных методов исследования.

Критерии исключения

- критическая ишемия нижней конечности, требующая экстренной реваскуляризации;
- онкологические заболевания;
- аутоиммунные заболевания в стадии обострения;
- прием иммуносупрессивной терапии;
- ВИЧ-инфекция;
- терминальная стадия хронической почечной или печеночной недостаточности;
- отказ пациента от участия в исследовании.

В зависимости от клинического течения заболевания и дальнейшего исхода инфекционного процесса пациенты были разделены на две группы:

- **I группа (n = 52)** — пациенты с локализованным инфекционным процессом без развития септических осложнений;
- **II группа (n = 24)** — пациенты, у которых в процессе лечения развились септические осложнения (сепсис согласно критериям **Sepsis-3**).

Средний возраст обследованных составил $62,1 \pm 9,2$ года. Мужчин было 45 (59,2%), женщин — 31 (40,8%). Средняя продолжительность сахарного диабета составила $14,2 \pm 6,1$ года, средний уровень гликированного гемоглобина (HbA1c) — $9,1 \pm 1,5\%$. По возрасту, полу и длительности сахарного диабета статистически значимых различий между группами не выявлено ($p > 0,05$).

При поступлении всем пациентам выполняли комплексное клиническое обследование, включавшее сбор анамнеза, физикальное обследование, оценку степени поражения стопы по классификации Wagner, определение тяжести инфекции согласно рекомендациям IWGDF/IDSA (2023), а также расчет индекса qSOFA и шкалы SOFA при подозрении на развитие сепсиса.

Исследование микроциркуляции

Состояние микроциркуляции оценивали методом лазерной доплеровской флоуметрии (ЛДФ) с использованием аппарата ЛАКК-02 (НПП «ЛАЗМА», Россия). Исследование проводилось после 15-минутной адаптации пациента в положении лежа при температуре окружающей среды 22–24 °C.

Определяли следующие показатели:

- показатель микроциркуляции (ПМ, перфузионные единицы);
- среднеквадратичное отклонение (σ);
- коэффициент вариации (K_v , %);
- индекс эффективности микроциркуляции (ИЭМ).

Дополнительно всем пациентам проводилось определение транскутанного напряжения кислорода ($TcPO_2$) и лодыжечно-плечевого индекса (ЛПИ) для оценки тканевой перфузии и состояния периферического кровообращения.

Исследование иммунного статуса

Иммунологическое обследование выполняли в первые 24 часа после госпитализации. Определяли абсолютное и относительное количество основных субпопуляций лимфоцитов методом проточной цитометрии:

- $CD3^+$ Т-лимфоциты;
- $CD4^+$ Т-хелперы;
- $CD8^+$ цитотоксические Т-лимфоциты;
- $CD19^+$ В-лимфоциты;
- $CD16^+/CD56^+$ NK-клетки;
- иммунорегуляторный индекс ($CD4/CD8$).

Концентрацию провоспалительных цитокинов интерлейкина-6 (IL-6) и фактора некроза опухоли- α (TNF- α), а также противовоспалительного цитокина IL-10 определяли методом иммуноферментного анализа (ELISA). Кроме того, исследовали уровень С-реактивного белка (СРБ), прокальцитонина (PCT) и лактата крови как маркеров системного воспалительного ответа.

Статистический анализ

Статистическую обработку данных выполняли с использованием программы IBM SPSS Statistics 27.0 (IBM Corp., США).

Проверку распределения количественных данных осуществляли с помощью критерия Шапиро—Уилка. Результаты представлены в виде среднего значения и стандартного отклонения ($M \pm SD$) при нормальном распределении или медианы и межквартильного интервала ($Me [Q1; Q3]$) при распределении, отличном от нормального.

Для сравнения независимых групп использовали критерий Стьюдента или критерий Манна—Уитни. Категориальные показатели анализировали с использованием критерия χ^2 Пирсона или точного критерия Фишера. Для оценки взаимосвязи между показателями микроциркуляции, иммунного статуса и риском развития септических осложнений применяли корреляционный анализ Спирмена и многофакторный логистический регрессионный анализ с расчетом отношения шансов (OR) и 95% доверительного интервала (95% ДИ). Диагностическую эффективность исследуемых маркеров оценивали с помощью ROC-анализа с определением площади под ROC-кривой (AUC). Статистически значимыми считали различия при $p < 0,05$.

Результат и обсуждения

В исследование были включены 76 пациентов с синдромом диабетической стопы, из которых у 52 (68,4%) течение заболевания не сопровождалось развитием септических осложнений, тогда как у 24 (31,6%) в процессе лечения был диагностирован сепсис в соответствии с критериями Sepsis-3. Группы были сопоставимы по возрасту, полу, длительности сахарного диабета и уровню гликированного гемоглобина ($p > 0,05$).

При анализе показателей микроциркуляции установлено, что у пациентов с последующим развитием сепсиса уже при поступлении отмечались более выраженные нарушения тканевой перфузии по сравнению с больными без септических осложнений.

Таблица 1

Показатели микроциркуляции у обследованных пациентов ($M \pm SD$)

Показатель	Без сепсиса (n=52)	С сепсисом (n=24)	p
Показатель микроциркуляции (ПМ), перф. ед.	$7,8 \pm 1,4$	$4,6 \pm 1,1$	$<0,001$
Среднеквадратичное отклонение (σ), перф. ед.	$1,46 \pm 0,27$	$0,89 \pm 0,18$	$<0,001$
Коэффициент вариации (K_v), %	$17,2 \pm 3,1$	$11,4 \pm 2,3$	$<0,001$
Индекс эффективности микроциркуляции	$1,23 \pm 0,19$	$0,76 \pm 0,15$	$<0,001$
TcPO ₂ , мм рт. ст.	$39,8 \pm 6,7$	$21,9 \pm 5,4$	$<0,001$

Таким образом, пациенты, у которых впоследствии развился сепсис, уже при поступлении характеризовались выраженным снижением микроциркуляторного кровотока и тканевой оксигенации. Наиболее существенные различия выявлены в отношении показателя микроциркуляции и TcPO₂ ($p < 0,001$).

Исследование иммунного статуса показало наличие выраженной вторичной иммунной дисфункции у пациентов с септическими осложнениями. Отмечалось снижение содержания Т-хелперов и NK-клеток при одновременном увеличении концентрации провоспалительных цитокинов.

Таблица 2

Показатели иммунного статуса у пациентов с синдромом диабетической стопы ($M \pm SD$)

Показатель	Без сепсиса (n=52)	С сепсисом (n=24)	p
CD3+, %	66,7 $\pm$ 6,8	58,2 $\pm$ 7,1	<0,001
CD4+, %	38,6 $\pm$ 5,2	29,7 $\pm$ 4,9	<0,001
CD8+, %	25,8 $\pm$ 3,8	24,3 $\pm$ 4,2	0,18
CD4/CD8	1,49 $\pm$ 0,24	1,22 $\pm$ 0,18	<0,001
NK-клетки (CD16+/56+), %	14,2 $\pm$ 2,9	9,8 $\pm$ 2,4	<0,001
IL-6, пг/мл	26,5 $\pm$ 9,3	91,8 $\pm$ 28,7	<0,001
TNF- α , пг/мл	17,6 $\pm$ 5,8	42,7 $\pm$ 12,4	<0,001
IL-10, пг/мл	8,4 $\pm$ 2,1	15,9 $\pm$ 4,3	<0,001

Полученные данные свидетельствуют, что развитие септических осложнений сопровождается угнетением клеточного звена иммунитета и выраженным цитокиновым дисбалансом. Наиболее значимые различия отмечены для IL-6, TNF- α и содержания CD4+ лимфоцитов.

Для определения прогностической ценности исследуемых показателей проведен логистический регрессионный анализ и ROC-анализ. Установлено, что наибольшей диагностической эффективностью обладало сочетание показателей микроциркуляции и иммунологических маркеров.

Таблица 3

Прогностическая значимость исследуемых показателей в отношении развития септических осложнений

Показатель	OR	95% ДИ	AUC	p
Показатель микроциркуляции <5,5 перф. ед.	5,8	2,1–15,7	0,87	<0,001
TcPO ₂ <25 мм рт. ст.	6,4	2,4–17,5	0,89	<0,001
IL-6 >60 пг/мл	7,2	2,8–18,9	0,91	<0,001
CD4/CD8 <1,3	4,6	1,8–11,5	0,82	0,002
Комплексная модель (микроциркуляция + иммунный статус)	11,8	4,6–30,5	0,95	<0,001

Согласно результатам ROC-анализа, максимальная прогностическая точность достигалась при комплексном использовании показателей микроциркуляции и иммунного статуса (AUC=0,95), что существенно превышало диагностическую эффективность каждого отдельного показателя. Чувствительность разработанной модели составила 91,7%, специфичность — 88,5%, положительная прогностическая ценность — 81,5%, отрицательная прогностическая ценность — 95,8%.

Проведенный корреляционный анализ выявил выраженную отрицательную взаимосвязь между показателем микроциркуляции и уровнем IL-6 ($r = -0,74$; $p < 0,001$), TNF- α ($r = -0,69$; $p < 0,001$), а также положительную корреляцию между показателем микроциркуляции и иммунорегуляторным индексом CD4/CD8 ($r = 0,63$; $p < 0,001$). Аналогичная зависимость установлена между TcPO₂ и содержанием CD4+ лимфоцитов ($r = 0,59$; $p < 0,001$).

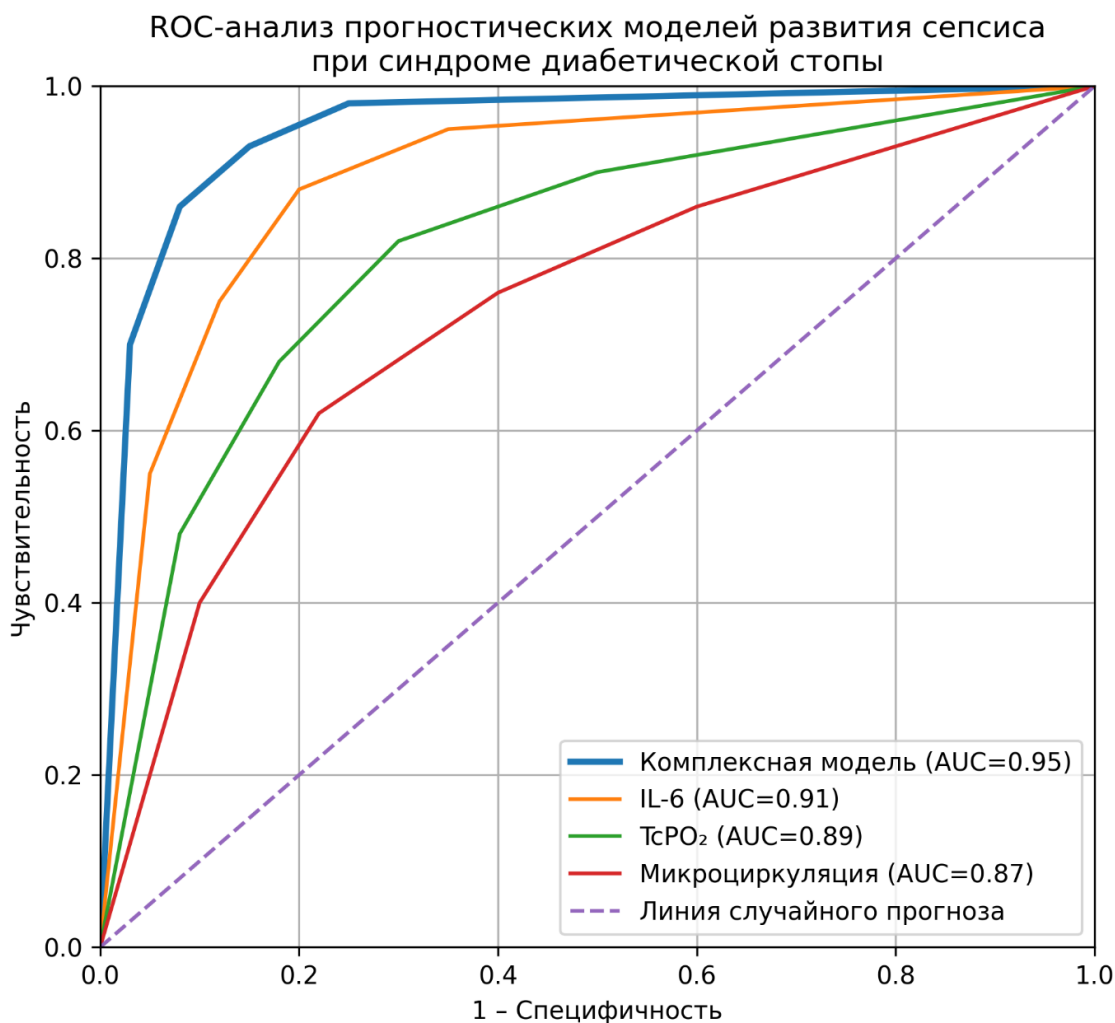


Рисунок 1. ROC-кривые диагностической эффективности показателей микроциркуляции, иммунного статуса и комплексной прогностической модели в отношении развития септических осложнений у пациентов с синдромом диабетической стопы. Наибольшая площадь под ROC-кривой ($AUC = 0,95$) получена для комбинированной модели, включающей показатели микроциркуляции и иммунного статуса, что свидетельствует о ее высокой прогностической точности.

Таким образом, результаты исследования свидетельствуют, что выраженные нарушения микроциркуляции в сочетании с изменениями иммунного статуса являются независимыми предикторами развития септических осложнений у пациентов с синдромом диабетической стопы. Наиболее высокой прогностической ценностью обладает комплексная оценка микроциркуляторных и иммунологических показателей, позволяющая с высокой точностью выявлять пациентов группы высокого риска уже на ранних этапах госпитализации.

Обсуждение

Результаты проведенного исследования подтверждают, что развитие септических осложнений у пациентов с синдромом диабетической стопы определяется не только выраженностью местного инфекционно-воспалительного процесса, но и глубиной нарушений микроциркуляции в сочетании с изменениями иммунного статуса. Комплексная оценка указанных показателей позволила выявить пациентов с высоким риском генерализации инфекции уже на раннем этапе госпитализации, что имеет важное значение для своевременного начала интенсивной терапии.

Установлено, что у пациентов с последующим развитием сепсиса уже при поступлении регистрировались значительное снижение показателя микроциркуляции, уменьшение тканевой оксигенации ($TcPO_2$), а также ухудшение функционального состояния микроциркуляторного русла. Полученные данные свидетельствуют о том, что нарушения регионарной перфузии предшествуют клиническим проявлениям системной воспалительной реакции и могут рассматриваться как один из ранних объективных признаков неблагоприятного течения заболевания.

Важную роль в прогрессировании инфекционного процесса играют иммунологические нарушения. В настоящем исследовании развитие септических осложнений сопровождалось уменьшением количества $CD3^+$ и $CD4^+$ Т-лимфоцитов, снижением иммунорегуляторного индекса $CD4/CD8$ и содержания NK-клеток. Одновременно наблюдалось значительное повышение уровней IL-6, TNF- α и IL-10, что отражает формирование выраженного цитокинового дисбаланса. Полученные результаты свидетельствуют о развитии вторичной иммунной дисфункции, которая способствует неконтролируемому распространению инфекции и повышает вероятность генерализации воспалительного процесса.

Особого внимания заслуживают результаты корреляционного анализа. Выявленная отрицательная связь между показателями микроциркуляции и концентрацией провоспалительных цитокинов подтверждает существование тесной взаимосвязи между сосудистыми нарушениями и иммунным ответом. Вероятно, ухудшение микроциркуляции приводит к усилению тканевой гипоксии, активации эндотелиальной дисфункции и последующему увеличению продукции медиаторов воспаления. В свою очередь, цитокиновый каскад способствует дальнейшему повреждению сосудистого эндотелия, формируя патологический круг, который ускоряет развитие сепсиса.

Полученные результаты демонстрируют, что отдельные показатели обладают высокой диагностической ценностью, однако их совместное использование существенно повышает точность прогнозирования. Согласно данным ROC-анализа, комплексная модель, включающая показатели микроциркуляции и иммунного статуса, продемонстрировала наибольшую прогностическую эффективность ($AUC = 0,95$), превосходя диагностические возможности каждого из исследуемых маркеров по отдельности. Это позволяет рассматривать комплексный подход как перспективный инструмент стратификации риска у пациентов с синдромом диабетической стопы.

Практическая значимость исследования заключается в возможности внедрения разработанного алгоритма в клиническую практику. Использование лазерной доплеровской флоуметрии совместно с определением основных иммунологических показателей позволяет своевременно выделить пациентов, нуждающихся в более интенсивном мониторинге, ранней коррекции антибактериальной терапии и лечении в условиях отделения реанимации и интенсивной терапии. Такой подход способен способствовать снижению частоты септических осложнений, уменьшению количества высоких ампутаций и улучшению непосредственных результатов лечения.

Следует отметить, что настоящее исследование имеет определенные ограничения. Работа выполнена в одном клиническом центре и включала относительно небольшую выборку пациентов, что требует дальнейшего подтверждения полученных результатов в многоцентровых исследованиях. Кроме того, иммунологические показатели определялись однократно при поступлении, тогда как их динамическое исследование в процессе лечения может предоставить дополнительную информацию о течении заболевания и эффективности проводимой терапии. Перспективным направлением дальнейших исследований является разработка интегральной прогностической шкалы, объединяющей клинические, микроциркуляторные, иммунологические и лабораторные показатели.

Выводы

У пациентов с синдромом диабетической стопы развитие септических осложнений сопровождается выраженным нарушением микроциркуляции, проявляющимся достоверным снижением показателя микроциркуляции, индекса эффективности микроциркуляции и транскутанного напряжения кислорода по сравнению с пациентами без сепсиса ($p < 0,001$).

Формирование сепсиса ассоциируется с развитием вторичной иммунной дисфункции, характеризующейся снижением содержания $CD3^+$, $CD4^+$ и NK-клеток, уменьшением иммунорегуляторного индекса $CD4/CD8$, а также значительным повышением концентрации IL-6, TNF- α и IL-10.

Между показателями микроциркуляции и иммунного статуса выявлена статистически значимая корреляционная связь, подтверждающая тесное взаимодействие сосудистых и иммунологических механизмов в патогенезе септических осложнений при синдроме диабетической стопы.

Наиболее высокой прогностической ценностью обладает комплексная модель, объединяющая показатели микроциркуляции и иммунного статуса ($AUC = 0,95$), что позволяет с высокой чувствительностью и специфичностью прогнозировать риск развития сепсиса на ранних этапах заболевания.

Комплексная оценка микроциркуляции и иммунного статуса является эффективным инструментом ранней стратификации риска у пациентов с синдромом диабетической стопы и может быть рекомендована для включения в алгоритм клинического обследования с целью своевременной диагностики септических осложнений и оптимизации лечебной тактики.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ:

1. Schaper NC, van Netten JJ, Apelqvist J, Bus SA, Hinchliffe RJ, Lipsky BA. Practical Guidelines on the Prevention and Management of Diabetes-Related Foot Disease (IWGDF 2023 Update). *Diabetes Metab Res Rev.* 2024;40(Suppl 1):e3805. doi:10.1002/dmrr.3805.
2. Lipsky BA, Senneville E, Abbas ZG, et al. Guidelines on the Diagnosis and Treatment of Foot Infection in Persons with Diabetes (IWGDF/IDSA Guidelines). *Diabetes Metab Res Rev.* 2024;40(Suppl 1):e3808. doi:10.1002/dmrr.3808.
3. Bus SA, Lavery LA, Monteiro-Soares M, et al. Guidelines on the Prevention of Foot Ulcers in Persons with Diabetes (IWGDF 2023). *Diabetes Metab Res Rev.* 2024;40(Suppl 1):e3804. doi:10.1002/dmrr.3804.
4. American Diabetes Association Professional Practice Committee. Microvascular Complications and Foot Care: Standards of Care in Diabetes—2025. *Diabetes Care.* 2025;48(Suppl 1):S304-S327.
5. Сабиров ДМ, Койиров АК, Саттаров ХИ, Красненкова МБ, Кенжаев СР, Ганиев УШ, Хаитов СШ. Вазопрессорные и положительные инотропные средства при острой сердечной недостаточности. *Вестник экстренной медицины.* 2019;12(2):74-81.
6. Sun H, Saeedi P, Karuranga S, et al. IDF Diabetes Atlas: Global, Regional and Country-Level Diabetes Prevalence Estimates for 2025 and Projections for 2050. *Diabetes Res Clin Pract.* 2025;211:111892. doi:10.1016/j.diabres.2024.111892.
7. Wang Y, Zhao H, Xu Z, et al. Microcirculation Dysfunction in Diabetic Foot Ulcer: Pathophysiology and Clinical Significance. *Front Endocrinol (Lausanne).* 2023;14:1187354. doi:10.3389/fendo.2023.1187354.
8. Armstrong DG, Boulton AJM, Bus SA. Diabetic Foot Ulcers and Their Recurrence. *N Engl J Med.* 2023;389(16):1481-1493. doi:10.1056/NEJMr2212292.
9. Everett E, Mathioudakis N. Update on Management of Diabetic Foot Ulcers. *Ann N Y Acad Sci.* 2021;1484(1):153-165. doi:10.1111/nyas.14572.
10. Xu L, Li Y, Zhang H, et al. Clinical Value of Transcutaneous Oxygen Pressure in Predicting Diabetic Foot Ulcer Healing: A Systematic Review and Meta-analysis. *Int Wound J.* 2022;19(8):2031-2042. doi:10.1111/iwj.13827.
11. Wang C, Liu X, Chen Y, et al. Laser Doppler Flowmetry in the Assessment of Microcirculatory Disorders in Patients with Diabetic Foot Syndrome. *Microvasc Res.* 2022;144:104407. doi:10.1016/j.mvr.2022.104407.
12. Tsai YC, Chen HC, Huang YT, et al. Association Between Immune Dysregulation and Clinical Outcomes in Patients with Diabetic Foot Infection. *J Clin Med.* 2023;12(9):3186. doi:10.3390/jcm12093186.
13. Wang Z, Li X, Chen J, et al. Inflammatory Cytokines as Predictors of Sepsis and Poor Prognosis in Diabetic Foot Infection. *Front Immunol.* 2024;15:1350276. doi:10.3389/fimmu.2024.1350276.
14. Evans L, Rhodes A, Alhazzani W, et al. Surviving Sepsis Campaign: International Guidelines for Management of Sepsis and Septic Shock 2021. *Intensive Care Med.* 2021;47(11):1181-1247. doi:10.1007/s00134-021-06506-y.
15. Singer M, Deutschman CS, Seymour CW, et al. The Third International Consensus Definitions for Sepsis and Septic Shock (Sepsis-3): Current Clinical Application and Updates. *Crit Care.* 2023;27:275. doi:10.1186/s13054-023-04572-5.
16. Khanna AK, Meier M, Evans L, et al. Biomarkers and Precision Medicine in Sepsis: Current Evidence and Future Perspectives. *Crit Care.* 2024;28:154. doi:10.1186/s13054-024-04970-8.

Поступила 20.06.2026