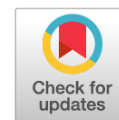


УДК 617.586-002.3/4-003.9:616.379-008.64:004.9

DOI: <https://doi.org/10.17816/brmma321607>

Научная статья



КОМПЬЮТЕРНАЯ ПЛАНИМЕТРИЯ КАК МЕТОД ОБЪЕКТИВНОГО КОНТРОЛЯ ЗАЖИВЛЕНИЯ РАН ПРИ СИНДРОМЕ ДИАБЕТИЧЕСКОЙ СТОПЫ

С.Я. Ивануса, Б.В. Рисман, Р.Е. Шаяхметов, А.В. Янишевский, М.В. Бабенко, П.А. Шипилов

Военно-медицинская академия имени С.М. Кирова, Санкт-Петербург, Россия

Резюме. Оцениваются результаты лечения пациентов, страдающих инфекционными осложнениями синдрома диабетической стопы, путем использования малоинвазивной эндовидеохирургической методики компьютерной планиметрии с российской программой «АналиРан» при традиционных и эндовидеоскопических способах. Использованная нами методика позволила значительно снизить сроки лечения данной категории пациентов. В результате исследования были получены наиболее эффективные способы оценки динамики течения раневого процесса. Так, на фоне коморбидности пациента оценка лабораторных показателей была достоверно незначимой, поэтому своевременная коррекция лечения раневого процесса происходила на фоне современных объективных методик оценки динамики течения раневого процесса. В целом использование компьютерной планиметрии с российской программой «АналиРан» как методики анализа показателей течения раневого процесса при инфекционных осложнениях синдрома диабетической стопы объективизирует динамику относительной площади грануляций, некроза, фибрина и эпителия в ране, тем самым позволяет оценить эффективность используемых методик лечения. При лечении открытых ран с инфекционными осложнениями синдрома диабетической стопы применение программы «АналиРан» в сочетании с клиническими данными позволяет определять стадию раневого процесса, показания к хирургическим обработкам, использованию терапии отрицательным давлением и применению современных раневых покрытий. Анализ эндовидеоскопических кадров с программой «АналиРан» позволяет объективно оценить раневой процесс в полости, опираясь на числовые показатели и клиническую картину, сформировать показания к этапным видеоскопическим обработкам с помощью ультразвуковой кавитации, смене местных лекарственных средств и удалению дренажей. Полученные данные при планиметрии ран и раневых полостей свидетельствуют об эффективности и перспективности методики. Следовательно, выбор тактики ведения гнойных ран, а также методик оценки течения раневого процесса в современном мире остается крайне актуальным вопросом. Дальнейшее накопление материала, вероятно, позволит разработать конкретные рекомендации по применению различных способов лечения на основании цифровой информации.

Ключевые слова: синдром диабетической стопы; флегмона; некроз; инфекция; раневая поверхность; планиметрия; эндовидеоскопия; ультразвуковая кавитация; цифровая информация.

Как цитировать:

Ивануса С.Я., Рисман Б.В., Шаяхметов Р.Е., Янишевский А.В., Бабенко М.В., Шипилов П.А. Компьютерная планиметрия как метод объективного контроля заживления ран при синдроме диабетической стопы. 2023. Т. 25, № 2. С. 239–248. DOI: <https://doi.org/10.17816/brmma321607>

DOI: <https://doi.org/10.17816/brmma321607>

Research Article

COMPUTER PLANIMETRY AS AN OBJECTIVE CONTROL METHOD FOR WOUND HEALING IN DIABETIC FOOT SYNDROME

S.Ya. Ivanusa, B.V. Risman, R.E. Shayakhmetov, A.V. Yanishevsky, M.V. Babenko, P.A. Shipilov

Kirov Military Medical Academy, Saint Petersburg, Russia

ABSTRACT. The study evaluated the results of treating patients with infectious complications of diabetic foot syndrome using minimally invasive endovideosurgical methods of computer planimetry with the Russian program “AnaliRan” in conjunction with traditional and endovideoscopic methods. The technique employed significantly reduced the treatment duration for this patient population. The technique employed significantly reduced the treatment duration for this patient population. This study provided valuable insights into the most effective ways of assessing the dynamics of the wound process. Despite the patient’s comorbidity, the assessment of laboratory parameters was deemed insignificant, as timely correction of the treatment of the wound process occurred against the background of modern objective methods for assessing its dynamics. Overall, the use of computer planimetry with the Russian program “AnaliRan” as a technique for analyzing wound process indicators in infectious complications of diabetic foot syndrome provided objective assessment of the relative area of granulation, necrosis, fibrin, and epithelium, enabling the evaluation of treatment effectiveness. For treating open wounds with infectious complications of diabetic foot syndrome, the program “AnaliRan” along with clinical data can determine the stage of the wound process, indications for surgical treatments, the use of negative pressure therapy, and the application of modern wound coatings. Analyzing the endovideoscopic frames with the program AnaliRan allows an objective assessment of the wound process in the cavity, based on numerical indicators and the clinical picture, facilitating the formation of indications for staged videoscopic treatments using ultrasonic cavitation, the change of local medicines, and the removal of drains. The data obtained during planimetry of wounds and wound cavities indicate the effectiveness and prospects of the technique. Consequently, the choice of tactics for managing purulent wounds, as well as methods for assessing the course of the wound process, remains an extremely topical issue in the modern world. Further accumulation of material will probably allow the development of specific recommendations for the use of various treatment methods based on digital information.

Keywords: diabetic foot syndrome; phlegmon; necrosis; infection; wound surface; planimetry; endovideoscopy; ultrasound cavitation; digital information.

To cite this article:

Ivanusa SYa, Risman BV, Shayakhmetov RE, Yanishevsky AV, Babenko MV, Shipilov PA. Computer planimetry as an objective control method for wound healing in diabetic foot syndrome. *Bulletin of the Russian Military Medical Academy*. 2023;25(2):239–248. DOI: <https://doi.org/10.17816/brmma321607>

Received: 27.03.2023

Accepted: 13.05.2023

Published: 15.06.2023

ВВЕДЕНИЕ

Всемирная организация здравоохранения в 2018 г. представила доклад [1], по данным которого в мире насчитывается свыше 537 млн больных сахарным диабетом (СД), к 2035 г. эта цифра составит 643 млн человек, к 2045 году прогнозируют до 783 млн человек. Г.Р. Галстян, О.К. Викулова, М.А. Исаков и др. [2] указывают на то, что от осложнений СД ежегодно умирает около 3 млн человек и регистрируется более 1 млн ампутаций.

Синдром диабетической стопы (СДС) относится к самым значимым осложнениям СД. Это патологические изменения стоп в виде язвенно-некротических поражений костей и суставов, потери чувствительности кожи в связи с нарушением макроструктуры стопы и микроциркуляции крови по причине разрушения нервных окончаний и нервных волокон. Более 70 % показаний для нетравматических ампутаций нижних конечностей составляют осложнения СДС [3]. Большинство таких операций возможно было бы предотвратить при адекватном лечении [4].

Основой комплексного лечения гнойно-некротических осложнений (ГНО) СДС являются следующие принципы: адекватное вскрытие и хирургическая обработка гнойного очага; местное лечение раневой инфекции в соответствии с фазами раневого процесса; адекватная антибактериальная терапия; коррекция гликемии и метаболическая терапия; полная разгрузка пораженной конечности; при необходимости пластическая реконструкция стопы с максимальным сохранением опорной функции конечности [5, 6].

Одним из вариантов развития инфекционных осложнений СДС является глубокая флегмона стопы подошвенной поверхности (срединной, латеральной и медиальной подошвенных пространств стопы). Вариантом лечения является эндоскопическая санация и дренирование гнойного очага [7]. Лечение включает анатомически обоснованные мини-инвазивные доступы, видеоскопию гнойной полости, ее санацию и дренирование. Такой комплексный, минимально инвазивный подход, позволяет эффективно санировать инфицированную полость с минимальным влиянием на опороспособность стопы. Динамика раневого процесса оценивается визуально при этапных эндоскопических санациях [8].

В последнее время в медицинских источниках описывают методики динамической оценки площади и характеристики ран при помощи компьютерного мониторинга визуальных изменений. Широко используется компьютерная программа Wound Analyzer австрийской фирмы «Lohmann & Rauscher», которая основана на анализе фиксированной стандартизированной фотографии раны. Это программа подсчитывает площадь раневого дефекта, площадь грануляционной, некротической ткани, доли фибрина и эпителия на основе цветовой шкалы в указанной зоне. Недостатком данной методики является необходимость работы в сети Интернет, зарубежный производитель и ограниченные по времени сроки лицензии [9].

Аналогичными возможностями обладает программа «АналиРан», разработанная Г.Г. Ивановым и др. [10]. Методика компьютерной планиметрии, аналогично с Wound Analyzer, при помощи программного обеспечения также дает возможность рассчитывать площадь раневого дефекта, грануляционной, некротической ткани, долю фибрина. Авторы предложили собственную разработку компьютерной планиметрии ран с оптимальным программным обеспечением, которая без зависимости от доступа в интернет позволяет измерить линейные показатели и оценить эффективность лечения инфекционных осложнений СДС.

Цель исследования — оценить результаты лечения пациентов, страдающих инфекционными осложнениями синдрома диабетической стопы, путем использования методики компьютерной планиметрии «АналиРан» при традиционных и эндоскопических способах.

МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ

Проанализированы результаты лечения 60 пациентов, из них 44 мужчины и 16 женщин, страдающих ГНО СДС, в клинике общей хирургии Военно-медицинской академии им. С.М. Кирова, в период 2015–2022 гг. Все пациенты были разделены на 2 равные группы по 30 пациентов в каждой. В первую группу вошли пациенты, страдающие инфекционными осложнениями СДС. Им выполнялось оперативное лечение традиционными доступами с этапными ультразвуковыми обработками на фоне антибактериальной терапии и необходимой коррекции системных нарушений. Вторую группу составили пациенты, страдающие инфекционными осложнениями СДС и флегмоной подошвенной поверхности. Им была применена мини-инвазивная методика хирургического лечения. Доступ позволял выполнять эндоскопическое вскрытие глубокой флегмоны стопы, установку активного проточно-промывного дренирования и многоэтапные ультразвуковые обработки ран (табл. 1).

Все пациенты получали комбинированную консервативную терапию, направленную на коррекцию уровня гликемии, купирование системного воспалительного процесса и коррекцию сопутствующей патологии. Антимикробная химиотерапия заключалась в использовании комбинации 2 препаратов с последующим учетом результатов бактериологического исследования микрофлоры гнойного очага и ее чувствительности к препаратам.

Статистический анализ данных выполнен в формате электронной таблицы в программе Microsoft Excel 2011. Обработка данных выполнялась в средах разработки с открытым исходным кодом SPYDER (Scientific Python Development Environment) версии 4.1.5 и Jupyter Notebook версии 6.1.4 при помощи языка программирования Python 3.8 с использованием библиотек Pandas, NumPy, SciPy, Seaborn, Matplotlib, Tabulate, PyLab. Для обработки данных и их графического представления также

Таблица 1. Распределение пациентов по полу, возрасту и массо-ростовым показателям, *Me* (Q1; Q3)
Table 1. Distribution of patients by gender, age, and mass-growth indicators, *Me* (Q1; Q3)

Показатель	Группа		<i>p</i> <
	1-я	2-я	
Мужчины, <i>n</i> (%)	22 (73,3 %)	22 (73,3 %)	0,999 ^x
Женщины, <i>n</i> (%)	8 (26,6 %)	8 (26,6 %)	0,999 ^x
Возраст, лет	61,5 (49,2; 67)*	67,0 (65; 72)*	0,001 ^u
Рост, см	172 (172; 174,8)*	172 (167,8; 173,8)	0,497 ^u
Масса тела, кг	79,5 (70,2; 86)*	79 (73,5; 83,2)*	0,441 ^u
Индекс массы тела, усл. ед.	26,6 (24,7; 29,3)*	26,6 (24,3; 29,2)*	0,412 ^u
ППТ, м ²	2,0 (1,8; 2)*	1,9 (1,9; 2)*	0,345 ^u

Примечание: ППТ — площадь поверхности тела; *Me* — медиана; Q1 — 25-й процентиль; Q3 — 75-й процентиль; * — расчет по формуле DuBois (Burton 2008); ^x — сравнение с использованием критерия χ^2 ; ^u — сравнение с использованием *U*-критерия Манна — Уитни.

использовались программы PAST 4.0 [11] и Keynote 6.6.2 (Apple Inc.). Для оценки нормальности распределения данных использовались критерии Андерсона — Дарлинга, Колмогорова — Смирнова и Шапиро — Уилка. Категориальные данные представлены в виде единиц и процентов (долей). Непрерывные данные представлены в виде «медиана (Q1 — 25-й процентиль; Q3 — 75-й процентиль)». Значимость различий между сравниваемыми группами для непрерывных данных рассчитывалась с использованием непараметрических критериев: *U*-критерия Манна — Уитни для независимых групп, критерия Вилкоксона для зависимых групп. Для категориальных данных значимость различий определялась с применением критерия χ^2 . Различия признавались статистически значимыми при значениях $p < 0,05$.

РЕЗУЛЬТАТЫ И ИХ ОБСУЖДЕНИЕ

Местное лечение пациентов 1-й группы проводилось с учетом стадии раневого процесса. Выполнялись этапные хирургические обработки с применением ультразвуковой кавитации (УЗК) и гидрохирургической обработки аппаратом VERSAJET II. Пациентам без выраженного ишемического компонента, активно использовали методику лечения ран отрицательным давлением (Negative pressure wound therapy — NPWT). Для местного лечения применялись антисептические растворы (хлоргексидина 0,05 %, повидон-йод 10 %, пронтосан), водорастворимые мази (левомеколь, диоксидин, офломелид, браунодин) и гидрогели (пронтосан гель, гидрогелевое раневое покрытие).

Для объективной оценки скорости очищения раны с расчетом суммарных показателей применена методика цифровой фотографии и планиметрии раны с использованием российской программы «АналиРан», в которой обязательно использовалась цифровая камера

с разрешением более 2 мегапикселей и калибровочная линейка (рис. 1, 2).

Программа позволяла вычислить долю уменьшения площади (ПУП) и скорость заживления раны (СЗ) рассчитываемые по формулам:

$$\text{ПУП} = (S_0 - S) \times 100 / S_0,$$

где S_0 — исходная площадь, S — площадь раны.

$$\text{СЗ} = \text{ПУП} / T,$$

где T — количество дней между измерениями.

Корреляция показателей ПУП и СЗ раны пациентов 1-й группы на 3-и, 7-е и 14-е сутки лечения представлена на рисунке 3 и в таблице 2. При этом различия между исследуемыми показателями достоверные, $p < 0,01$.

С 7-х по 14-е сутки лечения средние показатели ПУП и СЗ раны у больных 1-й группы составили 23,6 и 3,34 %/сут соответственно. ПУП составлял в среднем 3,65 на протяжении всего мониторинга.

Наиболее информативными показателями у пациентов 1-й группы при проведении компьютерной планиметрии ран оказались относительные показатели фибрина, некроза и грануляционной ткани в ране (рис. 4, табл. 3).

Из таблицы 3 следует, что, у пациентов 1-й группы с 3-х по 7-е сутки лечения площадь некрозов в ране уменьшилась с 21,4 до 10 %, что составило 2,8 %/сут, с 7-х по 14-е сутки — с 10 до 0 %, что составило 1,4 %/сут. На фоне комплексного лечения площадь грануляционной ткани увеличилась за первый период лечения с 26,9 до 51,4 %, что составило 6,1 %/сут., а с 7-х по 14-е сутки — с 51,4 до 70,9 %, что составило 2,7 %/сут.

Показаниями к прекращению хирургических обработок служили площадь фибрина, некрозов и грануляций, 39,1; 10 и 51,4 % соответственно. Пластическое закрытие ран выполнялось при отсутствии в ране некротических тканей, при показателях площади грануляций 70,9 % и фибрина 22,5 %.



a *b*

Результаты: площадь раны — 408,7 мм²; эпителий — 165,86 мм² (40,58 %); грануляции — 95,08 мм² (23,26 %); фибрин — 125,68 мм² (30,75 %); некроз — 22,08 мм² (5,4 %); протяженность границ — 108,07 мм



a *b*

Результаты: площадь раны — 181,2 мм²; эпителий — 57,68 мм² (31,83 %); грануляции — 41,11 мм² (22,69 %); фибрин — 81,4 мм² (44,92 %); некроз — 1,02 мм² (0,56 %); протяженность границ — 75,85 мм

Рис. 1. Компьютерная планиметрия с использованием программы «АналиРан» на 7-е сутки лечения: *a* — рана до анализа; *b* — область анализа раны

Fig. 1. Computer planimetry using “AnaliRan” on the 7th day of treatment: *a* — wound before analysis; *b* — area of analysis of the wound

Рис. 2. Компьютерная планиметрия с использованием программы «АналиРан» на 14-е сутки лечения: *a* — рана до анализа; *b* — область анализа раны

Fig. 2. Computer planimetry using “AnaliRan” on the 14th day of treatment: *a* — wound before analysis; *b* — area of analysis of the wound

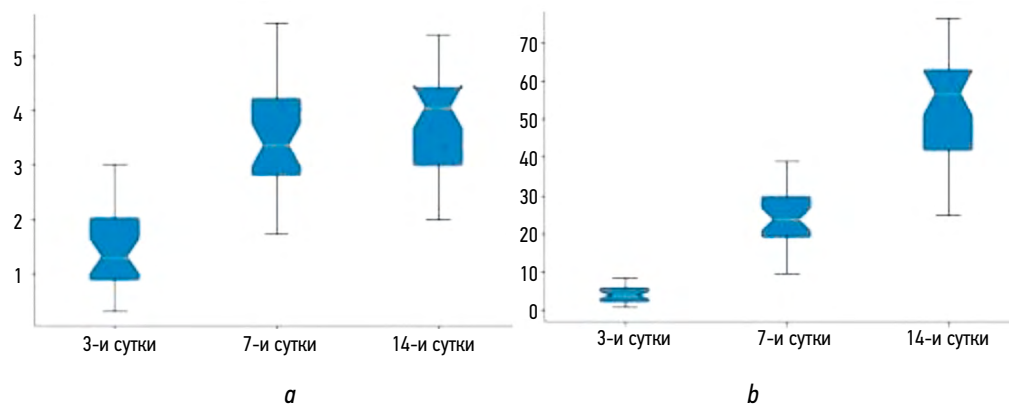


Рис. 3. Динамика планиметрических параметров ран у пациентов 1-й группы: *a* — скорость заживления раны; *b* — процент уменьшения площади раны

Fig. 3. Dynamics of the planimetric parameters of wounds in group 1 patients: *a* — rate of wound healing; *b* — percentage of reduction in wound area

Таблица 2. Планиметрические параметры ран пациентов 1-й группы, %
Table 2. Planimetric parameters of wounds of group 1 patients, %

Показатель		Сутки		
		3-и	7-е	14-е
СЗ	Me	1,3	3,35	1,3
	Q1	0,87	2,8	0,87
	Q3	2	4,2	2
ПУП	Me	3,65	23,55	56,8
	Q1	3,65	23,55	56,8
	Q3	3,65	23,55	56,8

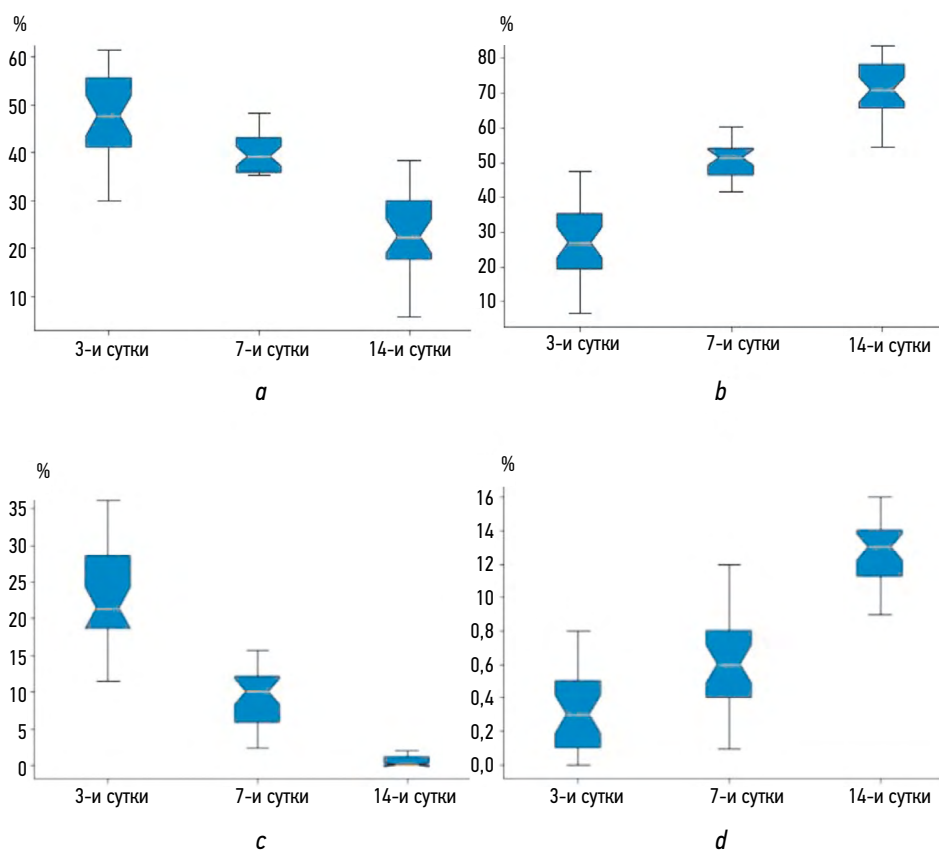


Рис. 4. Динамика относительных показателей площадей ран у пациентов 1-й группы: *a* — фибрина; *b* — грануляций; *c* — некрозов; *d* — эпителизации

Fig. 4. Dynamics of relative indicators of wound areas in group 1 patients: *a* — fibrin; *b* — granulation; *c* — necrosis; *d* — epithelization

Таблица 3. Показатели компьютерной планиметрии «АналиРан» у пациентов 1-й группы при традиционных способах лечения

Table 3. Indicators of computer planimetry "AnaliRan" in group 1 patients with traditional treatment methods

Сутки	Динамика относительной площади, % (Me [99 % ДИ])			
	фибрина	грануляций	некроза	эпителизации
3-и	47,6 [41; 55,5]	26,9 [19,4; 35,2]	21,4 [18,6; 28,5]	0,3 [0,1; 0,5]
7-е	39,1 [35,8; 43]	51,4 [46; 54]	10 [5,8; 12,1]	0,6 [0,4; 0,8]
14-е	22,5 [17,7; 29,9]	70,9 [65,6; 78,2]	0 [0; 1,1]	1,3 [1,1; 1,4]

Примечание: ДИ — доверительный интервал. Различия между показателями на 3-и, 7-е и 14-е сутки лечения достоверны, $p < 0,01$.

У пациентов 2-й группы была использована методика малоинвазивного лечения. Пациентам на основании клинических и лабораторных данных, магнитно-резонансной и компьютерной томографий диагностировали глубокую флегмону стопы. По медиальной и латеральной поверхностям стопы, в проекции максимальной флюктуации, выполняли горизонтальные линейные разрезы кожи. По контралатеральной поверхности в малососудистой зоне выполняли контрапертуры в зависимости от распространения воспалительного процесса, полученного в предоперационном исследовании,

а в дальнейшем по результатам эндовидеоскопии (рис. 5).

Для осмотра полости раневого канала был использован жесткий артроскоп фирмы «Эндо медиум» (Россия) диаметром 4 мм 30°, а для трансляции изображения на экран монитора использована видеокамера «Оптимед» с источником света «ОсГС -01» фирмы «Karl Storz». Для обработки раневой полости использовался аппарат ультразвуковой кавитационный «Фотек» Actition-A (Россия) и ультразвуковой диссектор Sonoca 185 мощностью 70 мВт/см².

При эндовидеоскопической визуализации полости раны, непосредственно после малоинвазивного эндовидеохирургического вскрытия гнойного очага, выполнялись фотоснимки полости раны. В полости раны производили контрольный снимок с калибровочным квадратом белого цвета размерами 0,5 × 0,5 см для получения достоверного стандартизированного изображения (рис. 6).

В каждой ране выполнялась эндоскопическая фотофиксация в 3-х отдельных участках. Полученный результат анализировали с помощью программы «Анали-Ран». Производился расчет площади некроза, фибрина, грануляционной ткани и эпителия. Программа отображала вышеперечисленные характеристики в цветовом и цифровом форматах. Из всех ключевых показателей компьютерной планиметрии ран (площадей некроза, фибрина, грануляционной ткани) наибольшую динамику показали относительные показатели грануляций, фибрина (рис. 7, 8).

Динамика относительной площади фибрина и грануляционной ткани у пациентов 2-й группы представлена на рисунке 9 и в таблице 4.

Из таблицы 4 следует, что у пациентов 2-й группы с 3-х по 7-е сутки комплексного лечения, включая эндовидеохирургический этап, относительная площадь фибрина в ране уменьшилась с 60 до 42,1 %, что составило 4,4 %/сут., а с 7-х по 14-е сутки — с 42,1 до 11,7 %, что составило 4,3 %/сут. Относительная площадь грануляционной ткани с 3-х по 7-е сутки лечения увеличилась прямопропорционально уменьшению площади фибрина с 4 до 10,1 %, что составило 1,5 %/сут, с 7-х до 14-х суток — с 10,1 до 47 %, что составило 5,2 %/сут.

Показаниями к прекращению хирургических обработок служили показатели площади фибрина и грануляций (11,7 и 47 % соответственно).



Рис. 5. Вскрытие флегмоны стопы: *a* — с эндовидеоподдержкой; *b* — ультразвуковая обработка ран
Fig. 5. Autopsy of the phlegmon of the foot: *a* — with endovideosupport; *b* — ultrasound treatment of wounds

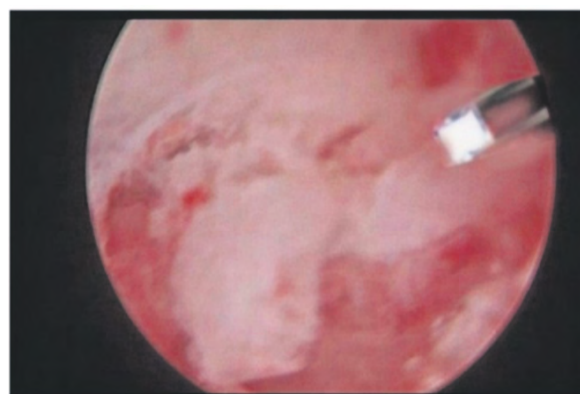
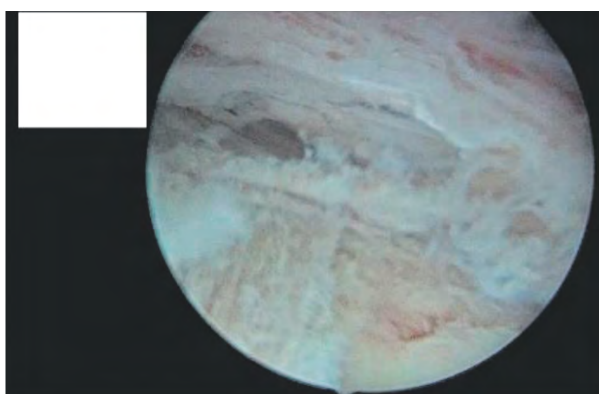
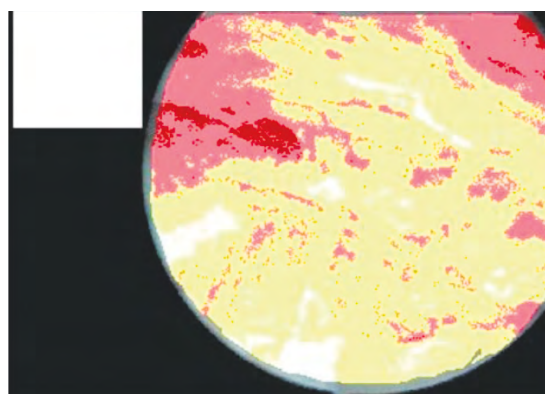


Рис. 6. Контрольный снимок полости раны с калибровочным квадратом
Fig. 6. Control image of the wound cavity with a calibration square



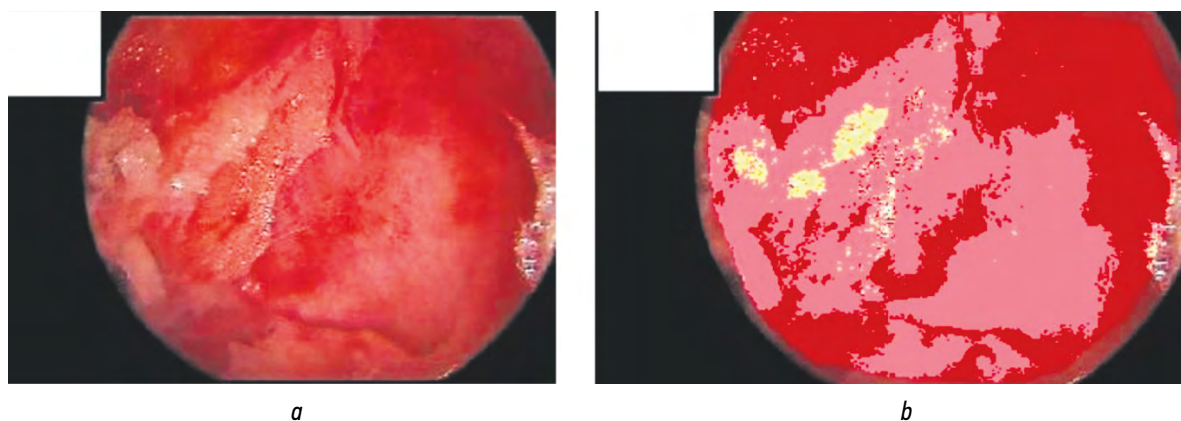
a



b

Результаты: фибрин — 6,1 мм² (65,25 %); интактные ткани — 2,46 мм² (26,32 %); некроз — 0,0 мм² (0,01 %); грануляции — 0,24 мм² (2,59 %)

Рис. 7. Компьютерная планиметрия при эндоскопии (первичная операция). Эндоскопическая визуализация: *a* — фотоснимок полости раны до анализа; *b* — выделенные структуры раны в полости
Fig. 7. Computer planimetry during endoscopy (primary surgery). Endoscopic visualization: *a* — photograph of the wound cavity before analysis; *b* — isolated structures of the wound in the cavity



Результаты: фибрин — 0,83 мм² (65,5,72 %); интактные ткани — 3,2 мм² (22,03 %); некроз — 0,01 мм² (0,08 %); грануляции — 10,46 мм² (72,08 %)

Рис. 8. Компьютерная планиметрия при эндоскопии на 14-е сутки лечения. Эндоскопическая визуализация: *a* — фотоснимок полости раны до анализа; *b* — выделенные структуры раны в полости

Fig. 8. Computer planimetry during endoscopy on the 14th day of treatment. Endoscopic visualization: *a* — photograph of the wound cavity before analysis; *b* — isolated structures of the wound in the cavity

Таблица 4. Показатели компьютерной планиметрии «АналиРан» при малоинвазивной методике лечения

Table 4. Indicators of computer planimetry “AnaliRan” with a minimally invasive treatment method

Сутки	Динамика относительной площади, % (Me [99 % ДИ])			
	грануляций	фибрина	эпителизации	некроза
3-и	4 [3,5; 4,9]	60 [55,9; 65,6]	—	—
7-е	10,1 [7,6; 14,2]	42,1 [37,5; 50,6]	—	—
14-е	47 [4,5; 53,4]	11,7 [5,8; 18,1]	—	—

Примечание: ДИ — доверительный интервал. Различия между показателями на 3-и, 7-е и 14-е сутки лечения достоверны, $p < 0,01$.

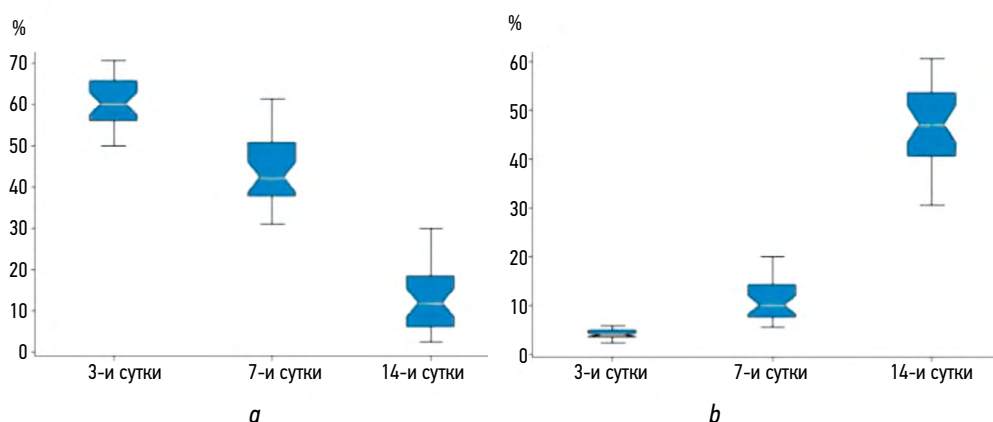


Рис. 9. Динамика относительной площади фибрина (*a*) и грануляционной ткани (*b*) у пациентов 2-й группы

Fig. 9. Dynamics of the relative area of fibrin (*a*) and granulation tissue (*b*) in group 2 patients

ВЫВОДЫ

1. Использование компьютерной планиметрии с российской программой «АналиРан» как методики анализа показателей течения раневого процесса при инфекционных осложнениях СДС объективизирует динамику относительной площади грануляций,

некроза, фибрина и эпителия в ране, тем самым позволяет оценить эффективность используемых методов лечения.

2. При лечении открытых ран с инфекционными осложнениями СДС применение программы «АналиРан» в сочетании с клиническими данными позволяет определять стадию раневого процесса, показания

к хирургическим обработкам, наложению NPWT-системы и применению современных раневых покрытий.

Анализ эндовидеоскопических кадров с программой «АналиРан» позволяет объективно оценить раневую процесс в полости, опираясь на числовые показатели и клиническую картину, сформировать показания к этапным видеоскопическим обработкам

с УЗК, смене местных лекарственных средств и удалению дренажей.

3. Полученные данные при планиметрии ран и раневых полостей свидетельствуют об эффективности и перспективности методики. Дальнейшее накопление материала, вероятно, позволит разработать конкретные рекомендации по применению различных способов лечения на основании цифровой информации.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Глобальный доклад по диабету // Всемирная организация здравоохранения. Женева, 2018. 84 с.
2. Галстян Г.Р., Викулова О.К., Исаков М.А., и др. Эпидемиология синдрома диабетической стопы и ампутаций нижних конечностей в Российской Федерации по данным Федерального регистра больных сахарным диабетом (2013–2016 гг.) // Сахарный диабет. 2018. Т. 21, № 3. С. 170–177. DOI: 10.14341/DM9688
3. O'Connor S., Blais C., Leclerc J., et al. evolution in trends of primary lower-extremity amputations Associated with diabetes or peripheral artery disease from 2006 to 2019 // *Can J Cardiol.* 2023. Vol. 39, No. 3. P. 331–330. DOI: 10.1016/j.cjca.2022.11.010
4. Loreda R.A., Garcia G., Chhaya S. Medical imaging of the diabetic foot // *Clin Podiatr Med Surg.* 2007. Vol. 24, No. 3. P. 397–424. DOI: 10.1016/j.cpm.2007.03.010
5. Дедов И.И., Шестакова М.В., Майоров А.Ю., и др. Алгоритмы специализированной медицинской помощи больным сахарным диабетом. 9-й выпуск // Сахарный диабет. 2019. Т. 22, № S1-1. С. 1–144. DOI: 10.14341/DM20191S1
6. Нездольный Я.А. Клинико-морфологическая оценка эффективности лечения трофических язв на фоне синдрома диабе-

тической стопы // *Известия Российской военно-медицинской академии.* 2019. Т. 38, № S1-2. С. 29–31.

7. Янишевский А.В. Эндовидеоскопический метод лечения гнойно-некротических осложнений синдрома диабетической стопы // Материалы итоговой конференции военно-научного общества слушателей факультета руководящего медицинского состава. Санкт-Петербург: ВМА, 2017. С. 429–431.

8. Рисман Б.В. Лечение гнойно-некротических осложнений синдрома диабетической стопы: дис. ... д-ра мед. наук. Санкт-Петербург, 2011. 219 с.

9. Falangan M. Wound measurement: can it help us to monitor progression to healing // *J Wound Care.* 2003. Vol. 12, No. 5. P. 189–194. DOI: 10.12968/jowc.2003.12.5.26493

10. Свидетельство о государственной регистрации программы для ЭВМ № 2022660216 РФ. АналиРан: № 2022619603, заяв. 23.05.2022/ 01.06.2022. Иванов Г.Г., Балашов И.А .

11. Hammer Ø., Harper D.A.T., Ryan P.D. PAST: Paleontological statistics software package for education and data analysis // *Palaeontol Electron.* 2001. Vol. 4, No. 1. P. 1–9.

REFERENCES

1. Global report on diabetes. *WHO.* Geneva, 2018. 84 p. (In Russ.).
2. Galstyan GR, Vikulova OK, Isakov MA, et al. Trends in the epidemiology of diabetic foot and lower limb amputations in Russian Federation according to the Federal Diabetes Register (2013–2016). *Diabetes mellitus.* 2018;21(3):170–177. (In Russ.). DOI: 10.14341/DM9688
3. O'Connor S, Blais C, Leclerc J, et al. Evolution in trends of primary lower-extremity amputations Associated with diabetes or peripheral artery disease from 2006 to 2019. *Can J Cardiol.* 2023;39(3):331–330. DOI: 10.1016/j.cjca.2022.11.010
4. Loreda RA, Garcia G, Chhaya S. Medical imaging of the diabetic foot. *Clin Podiatr Med Surg.* 2007;24(3):397–424. DOI: 10.1016/j.cpm.2007.03.010
5. Dedov II, Shestakova MV, Mayorov AY, et al. Standards of specialized diabetes care. 9th edition. *Diabetes mellitus.* 2019;22(S1-1):1–144. (In Russ.). DOI: 10.14341/DM20191S1
6. Nezdolii YA. Clinical and morphological evaluation of the efficiency of the treatment of trophic ulcers on the background of

diabetic stop syndrome. *Russian Military Medical Academy Reports.* 2019;38(S1-2):29–31. (In Russ.).

7. Yanishevskii AV. Ehndovideoskopicheskii metod lecheniya gnoino-nekroticheskikh oslozhnenii sindroma diabeticheskoi stopy. *Proceedings of the final conference of the military-scientific society of students of the faculty of leading medical staff.* Saint Petersburg: VMA, 2017. P. 429–431. (In Russ.).

8. Risman BV. *Lechenie gnoino-nekroticheskikh oslozhnenii sindroma diabeticheskoi stopy* [dissertation]. Saint Petersburg; 2011. 219 p. (In Russ.).

9. Falangan M. Wound measurement: can it help us to monitor progression to healing. *J Wound Care.* 2003;12(5):189–194. DOI: 10.12968/jowc.2003.12.5.26493

10. Certificate of state registration of the computer program RUS № 2022660216. AnaliRan: № 2022619603, Appl. 23.05.2022/ 01.06.2022. Ivanov GG, Balashov IA . (In Russ.).

11. Hammer Ø, Harper DAT, Ryan PD. PAST: Paleontological statistics software package for education and data analysis. *Palaeontol Electron.* 2001;4(1):1–9.

ОБ АВТОРАХ

***Рауан Ержанович Шаяхметов**, адъюнкт;
ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-4459-4790>;
eLibrary SPIN: 9334-1613; e-mail: rauan198944@gmail.com

Сергей Ярославович Ивануса, д-р мед. наук, профессор;
ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-3948-6928>;
eLibrary SPIN: 8752-1600

Борис Вениаминович Рисман, д-р мед. наук;
ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-6634-4450>;
eLibrary SPIN: 8022-6313

Андрей Викторович Янишевский, канд. мед. наук;
eLibrary SPIN: 4801-0861

Мария Викторовна Бабенко, канд. мед. наук;
ORCID: <https://orcid.org/0009-0000-1128-1096>;
eLibrary SPIN: 4150-0610

Павел Александрович Шипилов, курсант;
ORCID: <https://orcid.org/0009-0007-7497-6443>;
eLibrary SPIN: 6614-7866

AUTHORS INFO

***Rauan E. Shayakhmetov**, adjunct;
ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-4459-4790>;
eLibrary SPIN: 9334-1613; e-mail: rauan198944@gmail.com

Sergei Ya. Ivanusa, MD, Dr. Sci. (Med.), professor;
ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-3948-6928>;
eLibrary SPIN: 8752-1600

Boris V. Risman, MD, Dr. Sci. (Med.);
ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-6634-4450>;
eLibrary SPIN: 8022-6313

Andrey V. Yanishevsky, MD, Cand. Sci. (Med.);
eLibrary SPIN: 4801-0861

Maria V. Babenko, MD, Cand. Sci. (Med.);
ORCID: <https://orcid.org/0009-0000-1128-1096>;
eLibrary SPIN: 4150-0610

Pavel A. Shipilov, cadet;
ORCID: <https://orcid.org/0009-0007-7497-6443>;
eLibrary SPIN: 6614-7866

* Автор, ответственный за переписку / Corresponding author