

# СРАВНИТЕЛЬНАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА МЕТОДОВ ОЦЕНКИ ПЛОЩАДИ КОЖНЫХ ПОРАЖЕНИЙ РАЗЛИЧНОЙ ЭТИОЛОГИИ С РАЗРАБОТКОЙ ПРОГРАММНОГО КОМПЛЕКСА DERMACALCPRO

*Лось М. И., Богушевич С. В.*

*Научный руководитель: канд. мед. наук, доц. Купченко А. М.*

*Витебский государственный ордена Дружбы народов медицинский университет, г. Витебск*

**Резюме.** Проведена комплексная клиническая валидация мобильного приложения LesionMeter для автоматизированного измерения площади кожных поражений на выборке 121 пациента. Показана высокая точность метода: смещение  $-0,07 \text{ см}^2$ , средняя абсолютная ошибка  $0,40 \text{ см}^2$ , коэффициент внутриклассовой корреляции  $0,98$ . Время измерения сокращено в  $3,3$  раза по сравнению с ручной планиметрией. На основе валидированных данных разработан программный комплекс **DermaCalcPro**, обеспечивающий комплексную количественную оценку параметров поражения, включая расчет объема, процента вовлечения **BodySurfaceArea (BSA)** и индекса заживления.

**Ключевые слова:** планиметрия, кожные поражения, цифровая валидация, LesionMeter, объем повреждения, BSA, веб-калькулятор, динамический мониторинг.

**Актуальность.** Объективная количественная оценка кожных поражений различной этиологии (трофические язвы, ожоги, дерматозы) является критически важным элементом клинического мониторинга в дерматологии, комбустиологии и хирургии. Традиционные методы планиметрии, основанные на ручной обводке контура по миллиметровой сетке, характеризуются высокой оператор-зависимостью, трудоемкостью и недостаточной воспроизводимостью, что ограничивает их применение в условиях стандартизированной клинической практики и доказательной медицины [1]. Внедрение прецизионных цифровых инструментов, обеспечивающих автоматизацию измерений, интеграцию данных и комплексный анализ морфо-

метрических параметров, представляет собой стратегическое направление развития современного здравоохранения.

**Цель:** провести сравнительную клиническую валидацию точности и операционной эффективности мобильного приложения LesionMeter для измерения площади кожных поражений в сравнении с эталонной ручной планиметрией и разработать программный комплекс для комплексной оценки объема поражения и его относительной выраженности.

## **Задачи:**

1. Провести сравнительную оценку точности мобильного приложения LesionMeter в измерении площади кожных поражений по отношению к эталонной ручной планиметрии.

2. Определить операционную эффективность цифрового метода, включая анализ временных затрат и воспроизводимости измерений.

3. Разработать программный комплекс DermaCalc Pro, обеспечивающий расширенную морфометрическую оценку кожных поражений (глубина, объем, BSA, индекс заживления).

4. Оценить клиническую применимость разработанного комплекса для динамического мониторинга заживления поражений различной этиологии.

**Материалы и методы.** В проспективное исследование включены данные 121 пациента с кожными поражениями различной этиологии (пролежни - 30,6%, трофические язвы - 21,5%, диабетические язвы - 12,4%, послеоперационные дефекты - 14,0%, псориазные бляшки - 7,4%, экзематозные эрозии - 7,4%, герпетические язвы - 6,6%), находившихся на лечении в хирургических стационарах г. Витебска в 2024-2025 гг. Проведено сравнение двух методов измерения площади поражения: эталонного (ручная планиметрия по миллиметровой сетке) и исследуемого (мобильное приложение LesionMeter с использованием калибровочного объекта) [2]. Оценка точности включала расчет смещения (Bias), средней абсолютной ошибки (MAE), средней абсолютной процентной ошибки (MAPE), коэффициента внутриклассовой корреляции (ICC) и коэффициента корреляции Пирсона (r). Зарегистрировано время выполнения измерений каждым мето-

дом. На основе валидированных данных разработан программный комплекс **DermaCalcPro**.

**Результаты и их обсуждение.** Проведенное исследование позволило получить репрезентативные данные по 121 случаю кожных поражений, стратифицированных по этиологическому принципу. Наибольшую долю в выборке составили пролежни (30,6%, n=37) с медианной площадью 79,5 см<sup>2</sup> [IQR 10,2-16,1], что отражает их клиническую значимость в стационарной практике. Группы хронических трофических язв (21,5%, n=26) и диабетических нейротрофических язв (12,4%, n=15) демонстрировали медианную площадь 12,5 см<sup>2</sup> [9,4-15,8] и 19,5 см<sup>2</sup> [11,2-17,3] соответственно, в то время как наименьшие площади были характерны для герпетических язв (7,4 см<sup>2</sup> [5,9-8,6], n=8) и экзематозных эрозий (8,9 см<sup>2</sup> [6,7-10,8], n=9).

Сравнительный анализ точности измерений выявил высокую степень согласованности между мобильным приложением LesionMeter и эталонной методикой. Средняя площадь поражения, измеренная с помощью LesionMeter, составила 11,8 ± 6,4 см<sup>2</sup>, в то время как при ручной планиметрии – 11,9 ± 6,3 см<sup>2</sup> (p = 0,42). Медианные значения (10,9 см<sup>2</sup> для LesionMeter и 11,0 см<sup>2</sup> для эталона) и межквартильные размахи также были практически идентичны.

Детальная оценка метрик точности подтвердила высокую надежность цифрового инструмента. Смещение (Bias) составило -0,07 см<sup>2</sup> (95% ДИ: -0,23; 0,09), что указывает на отсутствие систематической ошибки. Сред-

ная абсолютная ошибка (МАЕ) находилась на уровне  $0,40 \text{ см}^2$  (95% ДИ:  $0,31; 0,49$ ), а средняя абсолютная процентная ошибка (МАРЕ) –  $3,0\%$  (95% ДИ:  $2,4\%; 3,6\%$ ). Показатели согласованности и корреляции достигли исключительно высоких значений: коэффициент внутриклассовой корреляции (ICC) –  $0,98$  (95% ДИ:  $0,95–0,99$ ), коэффициент корреляции Пирсона ( $r$ ) –  $0,99$  [3].

Анализ ошибок в зависимости от размера поражения показал, что с ростом площади абсолютная ошибка (МАЕ) незначительно увеличивалась с  $0,21 \text{ см}^2$  для поражений  $<5 \text{ см}^2$  до  $0,52 \text{ см}^2$  для поражений  $>15 \text{ см}^2$ , однако процентная ошибка (МАРЕ) снижалась с  $4,2\%$  до  $2,7\%$ , что подтверждает корректное масштабирование алгоритма. Исследование влияния условий освещения продемонстрировало стабильность работы приложения при естественном (МАЕ  $0,38 \text{ см}^2$ ), искусственном (МАЕ  $0,42 \text{ см}^2$ ) и смешанном освещении (МАЕ  $0,40 \text{ см}^2$ ).

Важным практическим результатом явилась оценка операционной эффективности. Использование *LesionMeter* позволило значимо сократить среднее время выполнения измерения до  $22,4 \pm 6,8$  секунд против  $74,6 \pm 18,2$  секунд при ручной планиметрии ( $p < 0,001$ ). Таким образом, цифровой метод более чем в три раза сокращает временные затраты, что критически важно в условиях высокой нагрузки на медицинский персонал.

Динамический мониторинг заживления 34 поражений в течение 21 дня выявил устойчивую положительную динамику. На примере хрониче-

ских трофических язв медианная площадь дефекта уменьшилась с  $12,5 \text{ см}^2$  на 0-й день до  $7,1 \text{ см}^2$  на 21-й день, что соответствует редукции на  $43,2\%$ . Наиболее выраженное снижение площади наблюдалось между 7-м и 14-м днями наблюдения. Построение тепловых карт динамики заживления визуально подтвердило однородность и стабильность процесса репарации across различных этиологических групп. Анализ редукции площади по этиологическим группам показал наибольшее абсолютное снижение при диабетических нейротрофических язвах ( $-8,5 \text{ см}^2$ ) и постоперационных дефектах ( $-7,8 \text{ см}^2$ ).

Результаты анкетирования 52 респондентов по шкале Лайкерта показали высокую пользовательскую приемлемость технологии: общая оценка врачей составила  $4,8$  балла, студентов –  $4,8$ , пациентов –  $4,6$ , медсестер –  $4,5$ . Оценка по шкале SUS (*System Usability Scale*) составила  $81$  балл, что соответствует категории "отличная удобность", а по опроснику MAUQ –  $4,6$  балла из 5.

На основе проведенной валидации был разработан и внедрен программный комплекс **DermaCalcPro**, представляющий собой sophisticated многоуровневую методологию анализа кожных поражений. Его аналитическое ядро составляет алгоритм морфометрической оценки, обеспечивающий расчет широкого спектра интегральных параметров на основе стандартизированного протокола измерения глубины в четырех репрезентативных точках. Комплекс позволяет вычислять не только среднюю глубину ( $h$ ), но и объем поражения ( $V = S \times \bar{h}$ ),

а также более комплексные прогностические показатели.

Антропометрический модуль реализует расчет площади поверхности тела (BSA) по формуле Дюбуа с автоматическим определением процентного соотношения площади патологического очага к общей поверхности тела пациента. Динамический модуль оценки индекса заживления ран (WoundHealingIndex, WHI) позволяет количественно характеризовать темпы репарации тканей в динамике. Прогностический модуль, основанный на технологиях машинного обучения, осуществляет комплексный анализ клинических и морфометрических параметров, предоставляя вероятностную оценку исхода. Уникальной особенностью комплекса является sophisticated модуль фотодокументации, оснащенный алгоритмами компьютерного зрения для автоматического измерения площади и периметра поражения по цифровым изображениям с калибровочным объектом.

### Выводы:

1. Мобильное приложение LesionMeter является высокоточным и воспроизводимым инструментом для оценки площади кожных поражений, сопоставимым с эталонной методикой ручной планиметрии, и обладает значительным преимуществом в операционной эффективности, сокращая время измерения более чем в 3 раза;

2. Динамический мониторинг с помощью LesionMeter демонстрирует высокую чувствительность к изменениям площади поражения в процессе заживления, что подтверждается данными 21-дневного наблюдения и визуализацией с помощью тепловых карт.

3. Разработанный программный комплекс **DermaCalcPro** представляет собой интегрированное решение, которое позволяет перейти от простого измерения площади к комплексной трехмерной и прогностической оценке кожных поражений, закладывая основу для персонализированного подхода в ведении пациентов.

### Литература

1. Jørgensen, L. B. Methods to assess area and volume of wounds: a systematic review / L. B. Jørgensen, J. A. Sørensen, G. B. E. Jemec, K. B. Yderstræde // International Wound Journal. – 2016. – Т. 13, № 4. – С. 540–553.
2. Rogers, L. C. Digital planimetry results in more accurate wound measurements: a comparison to standard ruler measurements / L. C. Rogers, N. J. Bevilacqua, D. G. Armstrong, G. Andros // Journal of Diabetes Science and Technology. – 2010. – Т. 4, № 4. – С. 799–802.
3. Foltynski, P. Wound area measurement with digital planimetry: improved accuracy and precision with calibration based on 2 rulers / P. Foltynski, P. Ladyzynski, A. Ciechanowska [et al.] // PLoS ONE. – 2015. – Т. 10, № 8. – e0134622. – С. 1–15.

# COMPARATIVE CHARACTERISTICS OF METHODS FOR ASSESSING THE AREA OF SKIN LESIONS OF VARIOUS ETIOLOGIES WITH THE DEVELOPMENT OF THE DERMACALC PRO SOFTWARE COMPLEX

*Los M. I., Bogushevich S. V.*

*Tutor: PhD, associate professor Kupchenko A. M.*

*Vitebsk State Order of Peoples' Friendship Medical University, Vitebsk*

**Resume.** A comprehensive clinical validation of the LesionMeter mobile application for automated measurement of skin lesion area was conducted on a sample of 121 patients. High accuracy of the method was demonstrated: Bias  $-0.07 \text{ cm}^2$ , Mean Absolute Error  $0.40 \text{ cm}^2$ , Intraclass Correlation Coefficient 0.98. Measurement time was reduced by 3.3 times compared to manual planimetry. Based on the validated data, the **DermaCalc Pro** software complex was developed, providing comprehensive quantitative assessment of lesion parameters, including volume calculation, **Body Surface Area (BSA)** involvement percentage, and healing index.

**Keywords:** planimetry, skin lesions, digital validation, LesionMeter, lesion volume, BSA, web-calculator, dynamic monitoring.