

**Герасимчук Петро Олександрович,**

*доктор медичних наук,*

*професор кафедри загальної хірургії,*

*Тернопільський національний медичний університет імені І.Я. Горбачевського МОЗ України*

*gerasymchuk@tdmi.edu.ua*

*<https://orcid.org/0000-0002-5409-7990>*

*м. Тернопіль, Україна*

**Фіра Дмитро Богданович,**

*кандидат медичних наук,*

*доцент кафедри загальної хірургії,*

*Тернопільський національний медичний університет імені І.Я. Горбачевського МОЗ України*

*firadb@tdmi.edu.ua*

*<https://orcid.org/0000-0002-0590-8910>*

*м. Тернопіль, Україна*

**Павлишин Андрій Володимирович,**

*кандидат медичних наук,*

*доцент кафедри загальної хірургії,*

*Тернопільський національний медичний університет імені І.Я. Горбачевського МОЗ України*

*pavlyshynav@tdmi.edu.ua*

*<https://orcid.org/0000-0002-5506-7582>*

*м. Тернопіль, Україна*

## **Варіанти аутодермопластики раневих дефектів вільним шкірним клаптом у хворих з ускладненим синдромом діабетичної стопи**

**Вступ.** На сьогоднішній день хірургічне лікування ускладнених форм синдрому діабетичної стопи спрямоване на виконання радикальних хірургічних обробок та “малих” ампутацій стопи, спрямованих на збереження нижньої кінцівки та її опорної функції. Після виконання таких оперативних втручань часто виникають великі ранові дефекти, які вимагають пластичного закриття. Найбільш раціональним методом закриття ран у цієї категорії пацієнтів можна визнати аутодермопластику вільними шкірними клаптами. Однак, відомі на сьогодні методи підготовки ран до аутодермопластики, та терміни її проведення залишаються недостатньо вивченими, що вимагає проведення подальших досліджень у цьому напрямку.

**Мета дослідження.** Покращити результати лікування ран після хірургічного лікування хворих з ускладненими формами синдрому діабетичної стопи шляхом удосконалення методик аутодермопластики ранових дефектів за допомогою вільних шкірних клаптів.

**Матеріали та методи.** В основі дослідження лежать результати стаціонарного лікування 147 хворих на ускладнені форми синдрому діабетичної стопи протягом 2020–2025 років, яким у процесі лікування проводилася аутодермопластика ран стопи вільними шкірними клаптами.

Центральну гемодинаміку нижніх кінцівок вивчали за допомогою ультразвукового доплерівського дослідження, мікрогемодинаміку – за допомогою лазерної доплерівської флоуметрії.

Кількісний та якісний склад мікрофлори ран на етапах лікування вивчали з використанням стандартних методик, які доповнювали мікроскопією мазків-відбитків із рани, пофарбованих за Грамом.

Матеріал для морфологічного дослідження отримували шляхом інцезійної біопсії та забарвлення гістологічних препаратів гематоксином та еозином з подальшим вивченням препаратів шляхом світлооптичної мікроскопії.

У післяопераційному періоді з метою підготовки ран до проведення аутодермопластики використовували вакуумну терапію, яку проводили за допомогою апарату фірми GENADYNE XLR8 Plus (США).

**Результати досліджень та їх обговорення.** Аутодермопластика ран вільним шкірним клаптом, є простим і досить ефективним методом закриття ранових дефектів у хворих із синдромом діабетичної стопи. Проводити її необхідно диференційовано, використовуючи різні методики залежно від клінічної ситуації. Найбільш ефективною методикою проведення є аутодермопластика з допомогою рельєфного клаптя.

**Висновки.** Проведення аутодермопластики ран дозволяє скоротити терміни стаціонарного лікування пацієнтів, досягти якнайшвидшого загоєння ран та відновити опорну функцію кінцівки, що має не тільки медичне, але й соціальне значення.

**Ключові слова:** аутодермопластика, рана, синдром діабетичної стопи.

**Herasymchuk Petro Oleksandrovych**, MD, PhD, DSc, Professor at the Department of General Surgery, I. Horbachevsky Ternopil National Medical University, [gerasymchuk@tdmu.edu.ua](mailto:gerasymchuk@tdmu.edu.ua), <https://orcid.org/0000-0002-5409-7990>, Ternopil, Ukraine

**Fira Dmytro Bohdanovych**, MD, PhD, Associate Professor at the Department of General Surgery, I. Horbachevsky Ternopil National Medical University, [firadb@tdmu.edu.ua](mailto:firadb@tdmu.edu.ua), <https://orcid.org/0000-0002-0590-8910>, Ternopil, Ukraine

**Pavlyshyn Andrii Volodymyrovych**, MD, PhD, Associate Professor at the Department of General Surgery, I. Horbachevsky Ternopil National Medical University, [pavlyshynav@tdmu.edu.ua](mailto:pavlyshynav@tdmu.edu.ua), <https://orcid.org/0000-0002-5506-7582>, Ternopil, Ukraine

### Options of autodermoplasty of wound defects with a free skin flap in patients with complicated diabetic foot syndrome

**Introduction.** Today, surgical treatment of complicated forms of diabetic foot syndrome is aimed at performing radical surgical procedures and "small" amputations of the foot, aimed at preserving the lower limb and its supporting function. After performing such surgical interventions, large wound defects often occur that require plastic closure. Autodermoplasty with free skin flaps can be considered the most rational method of closing wounds in this category of patients. However, the currently known methods of preparing wounds for autodermoplasty and the timing of its implementation remain insufficiently studied, which requires further research in this direction.

**Objective.** To improve the results of wound treatment after surgical treatment of patients with complicated forms of diabetic foot syndrome by improving the methods of autodermoplasty of wound defects using free skin flaps.

**Materials and methods.** The study is based on the results of treatment of 147 patients in hospital with complicated forms of diabetic foot syndrome during 2020-2025, who underwent autodermoplasty of foot wounds with free skin flaps during the treatment process.

Central hemodynamics of the lower extremities were studied using ultrasound Doppler examination, and microhemodynamics were studied using laser Doppler flowmetry.

The quantitative and qualitative composition of wound microflora at the stages of treatment was studied using standard methods, which were supplemented by microscopy of smears-prints from the wound, stained by Gram.

Material for morphological research was obtained by incisional biopsy and staining of histological preparations with hematoxylin and eosin, followed by examination of the preparations by light microscopy.

In the postoperative period, vacuum therapy was used to prepare the wounds for autodermoplasty, which was performed using a GENADYNE XLR8 Plus device (USA).

**Results and Discussion:** Autodermoplasty of wounds with a free skin flap is a simple and quite effective method of closing wound defects in patients with diabetic foot syndrome. It should be performed in a differentiated manner, using different methods depending on the clinical situation. The most effective method of performing it is autodermoplasty using a relief flap.

**Conclusions.** Performing wound autodermoplasty allows to reduce the duration of treatment of patients in hospital, to achieve the fastest healing of wounds and restore the supporting function of the limb, which has not only medical but also social significance.

**Key words:** autodermoplasty, wound, diabetic foot syndrome.

**Вступ.** За даними Міжнародної діабетичної федерації (IDF), кількість хворих на цукровий діабет (ЦД) зараз становить понад 463 млн осіб на Землі, до 2045 року вона збільшиться до 700 млн.. Це дає підстави говорити про розвиток пандемії захворювання [1; 2].

Протягом життя у 4,6–25% хворих на цукровий діабет розвивається синдром діабетичної топи (СДС). Лікування цієї групи пацієнтів поглинає близько 10% національних бюджетів охорони здоров'я, сягаючи 4,6–13,7 млрд. доларів у різних країнах [3].

На сьогоднішній день хірургічне лікування ускладнених форм СДС спрямоване на виконання радикальних хірургічних обробок та "малих" ампутацій стопи, спрямованих на збереження нижньої кінцівки та її опорної функції. Після проведення таких оперативних втручань часто виникають великі ранові дефекти, які вимагають пластичного закриття [1; 4]. Патогенетичні особливості формування СДС та перебігу ранового процесу у хворих на ЦД, вік хворих, особливості анатомічної будови стопи, недостатність пластичного матеріалу для проведення пластики місцевими тканинами, значно обмежують можливості застосування багатьох методів пластичного закриття ран [5–7].

Залежно від характеру ранового дефекту можна використовувати традиційну аутодермопластику, ранню аутодермопластику, аутодермопластику за допомогою рельєфного клаптя, аутодермопластику з додатковою компресійною фіксацією шкірних клаптів. Дифе-

ренційований підхід до проведення аутодермопластики дозволяє значно покращити результати лікування ран у хворих із синдромом діабетичної стопи. Тому найбільш раціональним методом закриття ран у цієї категорії пацієнтів можна визнати аутодермопластику вільними шкірними клаптями. Даний метод не вимагає спеціального оснащення, і за рахунок своєї простоти може широко використовуватися при лікуванні ран у хворих на СДС. Після приживлення вільні аутодермотрансплантанти задовільно витримують механічне навантаження під час ходьби, зберігаючи опороспроможність нижньої кінцівки [8–10].

Однак, варіанти підготовки ран до аутодермопластики, методи та терміни її проведення залишаються недостатньо вивченими, що вимагає проведення подальших досліджень у цьому напрямку [11].

**Мета дослідження.** Покращити результати лікування ран після хірургічного лікування хворих з ускладненими формами синдрому діабетичної стопи шляхом удосконалення методик аутодермопластики ранових дефектів за допомогою вільних шкірних клаптів.

**Матодологія та методи дослідження.** В основі дослідження лежать результати лікування 147 хворих на ускладнені форми СДС, які перебували на стаціонарному лікуванні в клініці загальної хірургії Тернопільського національного медичного університету імені І. Я. Горбачевського МОЗ України у 2020–2025 роках, яким у процесі лікування проводилася аутодермопластика ран стопи вільними шкірними клаптями. У всіх

хворих отримано письмову поінформовану згоду на запропоновані дослідження та методи лікування.

Чоловіків було 113, жінок – 34, віком від 41 до 72 років. Середній вік пацієнтів становить  $61,4 \pm 3,2$  років. Хворих на ЦД першого типу було 18 (12,25%), другого типу – 129 (87,75%). ЦД легкого ступеня діагностовано у 18 (12,25%) хворих, середньої тяжкості – у 112 (76,2%), тяжкого ступеня – у 17 (11,55%) пацієнтів. Тривалість захворювання коливалася в межах від 7 до 35 років і в середньому становила  $28,5 \pm 4,3$  роки. Стадія компенсації ЦД на момент надходження хворих до стаціонару діагностована у 20 (14,3%) хворих, субкомпенсації – у 109 (74,1%), декомпенсації – у 17 (11,6%) пацієнтів. У 34 (23,12%) хворих, ЦД було діагностовано вперше.

При розподілі хворих за патогенетичними формами, ми не виділяли окремо змішану (нейроішемічна) форму ураження, розподіливши пацієнтів за даними центральної та периферичної гемодинаміки між нейропатичною та ішемічною формою ураження. Таким чином, хворих з нейропатичною формою СДС було 109 (74,1%), з ішемічною – 38 (25,9%).

По глибині та поширеності ураження (по Меггіт-Вагнеру) хворі розподілилися наступним чином: III ступінь – 117 (79,6%), IV ступінь – 30 (20,4%) хворих.

Серед гострих гнійно-некротичних уражень у хворих діагностували абсцеси, флегмони, вологу або суху гангрену одного або кількох пальців або дистального відділу стопи. Площа ранових дефектів після хірургічних втручань коливалася від 3 до 185 см<sup>2</sup>. Контрольну групу склали 15 пацієнтів, яким аутодермопластика ран проводилася після хірургічного втручання та місцевого лікування під пов'язкою, до повного очищення рани та формування масиву грануляційної тканини.

Критерії виключення хворих із дослідження: ураження стопи 0, V ступеня; критична ішемія нижніх кінцівок; хворі, які підлягали ревазуляризуючим втручанням на артеріальному судинному руслі нижніх кінцівок.

Контроль за перебігом раневого процесу проводили за допомогою клінічних, цитологічних, мікробіологічних та морфологічних критеріїв за стандартними методиками.

Візуальна оцінка динаміки раневого процесу проводилася на підставі оцінки кольору та стану країв рани, шкірних клаптів, конфігурації та площі раневого дефекту, характеру та кількості виділень, росту грануляційної тканини, стабілізації або пролонгації патологічного процесу та ін.

Центральну гемодинаміку нижніх кінцівок вивчали за допомогою ультразвукового доплерівського дослідження (апарат “TOSHIBA” Nemio XG SSA-580A), мікрогемодинаміку – за допомогою лазерної доплерівської флоуметрії (апарат “ЛАКК-2”).

Планіметричне дослідження виконували за методикою Л. М. Попової (1941). Динаміку росту грануляційної тканини та обсягу раневого дефекту контролювали гідрометричним методом. Цитологічне дослідження проводилося методом М. П. Покровської – М. С. Макарова у модифікації М. Ф. Камаєва, для діагностики та динаміки фаз раневого процесу.

Кількісний та якісний склад мікрофлори ран на етапах лікування вивчали з використанням стандартних методик, які доповнювали мікроскопією мазків-відбитків із рани, пофарбованих за Грамом, з метою експрес-діагностики анаеробної неклостридіальної інфекції.

Матеріал для морфологічного дослідження отримували шляхом інцезійної біопсії під час оперативного втручання або при перев'язках. Виготовлення та забарвлення гістологічних препаратів гематоксиліном та еозином проводили за стандартними методиками, з подальшим вивченням препаратів шляхом світлооптичної мікроскопії.

У післяопераційному періоді з метою підготовки ран до проведення аутодермопластики використовували вакуумну терапію, яку проводили за допомогою апарату фірми GENADYNE XLR8 Plus (США) та оригінальних перев'язувальних наборів до нього.

Всі отримані числові результати проходили статистичну обробку за допомогою пакетів прикладних програм S-plus 2000 Excell з розрахунком середнього арифметичного (M), стандартної помилки (m), t-критерію Стьюдента. Відмінності приймалися достовірними за рівня значущості  $p < 0,05$ .

**Виклад основного матеріалу дослідження.** При надходженні хворих до стаціонару з гострими гнійно-некротичними ураженнями тканин стопи, після обстеження та підготовки, всім хворим було проведено оперативне лікування в обсязі хірургічних обробок та “малих” ампутацій стопи (розкриття та дренивання абсцесів, хірургічна обробка флегмон, ампутація пальців, ампутація дистального відділу стопи). У хворих з хронічними ранами оперативне лікування проводили в обсязі хірургічної обробки з переведенням рани в гостру. Така активна хірургічна тактика дозволяє усунути патологічний процес і значно покращити перебіг раневого процесу, з подальшою диференційованою тактикою аутодермального закриття ран.

На момент надходження у всіх хворих контрольних та основних груп діагностовано характерну клінічну картину, з розвитком інтоксикаційного синдрому та декомпенсацію цукрового діабету. З ранових дефектів виділялася значна кількість мікроорганізмів ( $10^7$ – $10^9$  на 1 г тканини). Превалювали стафілококи, мікрококи, коринебактерії, стрептококи, ентеробактерії, псевдомонади, які часто зустрічалися в різних асоціаціях, із загальною середньою колонізацією ран  $7,34 \lg$  КУО/г. У 86% хворих, на основі характерної клінічної картини та мікроскопічного дослідження матеріалу з рани забарвленого за Грамом, діагностовано наявність анаеробної неклостридіальної інфекції. Цитологічне дослідження дозволило встановити наявність некротичного чи дегенеративно-запального типу цитогам.

При виконанні оперативних втручань, ми стоїмо на позиції проведення радикальних втручань, так як такий підхід дає можливість повністю видалити уражені тканини і адекватно обробити шляхи можливого поширення гнійно-некротичного процесу, значно зменшити видовий склад і мікробну контамінацію ран, до  $10^2$ – $10^3$  мікроорганізмів на 1 г тканини, досягти регенераторно-запального або регенераторного типу цитогам та створити умови для попередження пролонга-

ції патологічного процесу. Це дає можливість надалі провести аутодермальне закриття ран із застосуванням запропонованої нами методики ранньої аутодермопластики. Її суть полягає у пересадці шкіри за методикою Тірша у ранні терміни (24–72 години) після оперативного втручання. Проведення її найбільш доцільно у хворих з нейропатичною формою ураження та адекватним станом магістрального та локального кровотоку. На момент проведення цитологічна картина мазка-відбитка з рани повинна бути регенераторного або запально-регенераторного типу, швидкість локального кровотоку не нижче  $(2,350 \pm 0,112)$  кг/(мл·хв), а кількість мікроорганізмів не повинна перевищувати  $10^4$  на 1 г тканини. Раневий дефект закривається окремими шкірними клаптями необхідної довжини та шириною 1,5–2 см. При цьому проводити додаткову перфорацію клаптів немає необхідності. Відсутність натягу клаптів не порушує їх трофіку і створює необхідні умови для адекватної адгезії до ранової поверхні.

При дотриманні зазначених правил повне приживлення шкірних клаптів відмічено у 82,4% випадків, з подальшою епітелізацією ран на  $15,7 \pm 4,6$  день. У 98% спостерігався частковий лізис аутодермотрансплантатів на 40–50%, що вимагало проведення повторних пересадок.

З метою покращення результатів аутодермопластики ран у хворих на СДС, нами запропоновано методику аутодермопластики рельєфним клаптем зі змінним січенням (0,4–0,8 мм). Для його взяття удосконалено ручний та електричний дерматоми (Патенти України на корисну модель UA 9719, UA 20020, UA 21407). Такий клапоть є найбільш оптимальним для закриття ранових дефектів, так як він добре і швидко приживає, особливо при низьких показниках гемодинаміки стопи (ішемічна форма СДС), під ним утворюється підшкірна основа, клапоть краще переносить наступні механічні навантаження. Клапті зі змінним січенням рідше зміщуються за рахунок кращої адаптації та адгезії до рани, і краще переносять період ішемії після пересадки, за рахунок наявності більшого запасу поживних речовин у зонах потовщення. Загальний відсоток повного приживлення рельєфних аутодермотрансплантатів склав 91,4%, з подальшою епітелізацією ран протягом  $14,8 \pm 4,3$  дня. Частковий лізис шкірних клаптів відзначався, як правило, у тонкій частині, що не впливало на процеси епітелізації ран та не вимагало проведення повторних аутодермопластик.

У 58 (39,45%) пацієнтів технічно неможливо було провести радикальну хірургічну обробку. В таких випадках проводилася максимально можлива некретомія, з подальшим веденням рани із застосуванням вакуумної терапії. У 36 (24,5%) хворих на вакуумну терапію проводили відразу після оперативного лікування з режимом вакуумування в першу добу 50–80 мм рт.ст., а у 111 (75,5%) – через 2–3 дні після операції в режимі 100–125 мм рт.ст.

За даними ряду авторів вакуумна терапія ран у післяопераційному періоді показала себе як ефективний метод підготовки до проведення аутодермопластики [12–14]. Так, при застосуванні нами негативного тиску у хворих, вже починаючи з 2–3 дня лікування досто-

вірно купувався больовий синдром, зменшувалися прояви запального процесу ( $p < 0,05$ – $0,001$ ). Відзначалося значне покращення загального стану хворих, нормалізація температури тіла, покращення сну та апетиту, тоді коли в контрольних групах ці показники стабілізувалися лише на 6–7 день лікування ( $p < 0,05$ ).

У хворих з нейропатичною формою ураження формування грануляційної тканини починалося з  $4,62 \pm 0,93$  дня ( $p < 0,05$ ), а до  $6,44 \pm 0,48$  дня рани були готові до пластичного закриття (контрольна група –  $9,5 \pm 1,15$  день). У пацієнтів з ішемічною формою ураження  $6,48 \pm 1,24$  дня ( $p < 0,02$ ) і рани були готові до аутодермопластики на  $8,48 \pm 1,25$  день (контрольна група –  $12,76 \pm 2,12$  день) Також, на тлі вакуумної терапії відмічено достовірне зменшення об'єму ран ( $p < 0,05$ ), позитивна цитологічна картина з переважанням регенераторних типів цитогам ( $p < 0,05$ ), зменшення мікробіологічної контамінації ран нижче критичного рівня ( $p < 0,05$ ). Починаючи з 3 доби вакуумної терапії відмічено достовірне покращення показників місцевої мікроциркуляції ран, які зростали майже в два рази в порівнянні з контрольними величинами і надалі утримувалися на цих показниках ( $p < 0,05$ – $0,001$ ). За даними багатьох авторів це особливо важливо у хворих з ішемічною формою ураження, оскільки дозволяє оптимізувати умови проведення аутодермопластики ранових дефектів у цієї категорії хворих [15–17].

Морфологічне дослідження м'яких тканин на тлі вакуумної терапії показало, що вже на 5-й день лікування відбуваються морфологічні зміни тканин, які свідчать про перехід ранового процесу з фази запалення у фазу проліферації. Це дозволяє вже у ці терміни проводити аутодермопластику ран. На 10 добу використання вакуумної терапії формувалася масив грануляційної тканини, морфологічна картина якої відповідала змінам, які відзначалися у контрольній групі хворих лише з 15 дня лікування.

Таким чином, застосування вакуумної терапії ран дало можливість провести аутодермальне закриття ран плоскими або рельєфними клаптями в середньому на  $7,34 \pm 1,54$  дні раніше, ніж у контрольній групі. Надалі, у цих хворих вакуумна терапія використовувалася з метою додаткової фіксації шкірних клаптів із застосуванням негативного тиску в діапазоні 60–80 мм рт.ст. Додаткове застосування вакуумної компресії пересаджених клаптів створює поліпшені умови для більш щільної і надійної фіксації клаптів, з повторенням складного рельєфу дна рани. Це сприяє профілактиці утворення вторинних гематом, сером, "кишень", покращує фіксацію клаптів до рани, адекватно евакуює ексудат, стимулює мікроциркуляцію в рані, попереджає зміщення шкірних клаптів. З метою додаткової зовнішньої компресії шкірних клаптів ми використовуємо і оригінальну компресійну пов'язку (Патент України на корисну модель UA16826).

Така тактика дала можливість досягти хороших результатів аутодермопластики у 105 (71,42%) хворих та скоротити терміни стаціонарного лікування хворих у середньому на 4,2 днів.

При критичних показниках центральної та периферичної гемодинаміки (30 хворих) рани первинно закривалися

ліофілізованою ксеношкірою, з наступним динамічним спостереженням за перебігом ранового процесу. При стабілізації останнього та розвитку грануляційної тканини, ранова поверхня закривалася рельєфними клаптями, з їх додатковою вакуумною фіксацією. У випадках пролонгації патологічного процесу вирішувалося питання щодо проведення повторних обробок чи ампутацій кінцівки.

Подальше динамічне спостереження за 82 пацієнтами протягом 1–7 років показало, що після загоєння рани аутодермальні клапті задовільно витримують навантаження під час ходьби. Тому, ця методика може виключити складніші методи закриття ранових дефектів у хворих на СДС, які з урахуванням віку, стану та особливостей патології, виконати неможливо.

#### Висновки з дослідження.

1. Хірургічне лікування ускладнених форм СДС має мати характер розширених первинно-радикальних втручань, що дає можливість диференційованого вибору тактики проведення аутодермопластики ранових дефектів.

**Інформація про конфлікт інтересів.** Конфлікт інтересів відсутній.

**Інформація про фінансування.** Фінансової підтримки з боку кампаній-виробників лікарських засобів та медичного обладнання автори не отримували. Дослідження проводились власним коштом авторів.

#### Особистий внесок кожного автора у виконання роботи:

Герасимчук П. О. – ідея та дизайн дослідження, написання тексту;

Фіра Д. Б., Павлишин А. В. – огляд літератури, збір клінічного матеріалу, обробка матеріалу, написання тексту, підготовка до друку.

#### ЛІТЕРАТУРА

- McGuire J, Thomson A, Kennedy PG. The Biomechanics of Diabetic Foot Amputation. *Wounds*. 2021 Apr;14:WNDS20210414-2.
- Alshammari L, O'Halloran P, McSorley O, Doherty J, Noble H. The effectiveness of foot care educational interventions for people living with diabetes mellitus: An umbrella review. *J Tissue Viability*. 2023 Aug;32(3):406-416. doi: 10.1016/j.jtv.2023.06.001.
- Senneville É, Albalawi Z, van Asten SA, Abbas ZG, Allison G, Aragón-Sánchez J, Embil JM, Lavery LA, Alhasan M, Oz O, Uçkay I, Urbančić-Rovan V, Xu ZR, Peters EJG. IWGDF/IDSA guidelines on the diagnosis and treatment of diabetes-related foot infections (IWGDF/IDSA 2023). *Diabetes Metab Res Rev*. 2024 Mar;40(3):e3687. doi: 10.1002/dmrr.3687.
- Michelsson O, Tukiainen E. Minor Forefoot Amputations in Patients with Diabetic Foot Ulcers. *Foot Ankle Clin*. 2022 Sep;27(3):671-685. doi: 10.1016/j.fcl.2022.05.003.
- Kozlovska I, Iftodiy A, Kulachek Y, Grebeniuk V, Moskaliuk O. Improvement of treatment of complicated forms of diabetic foot syndrome. *Georgian Med News*. 2021 Mar;(312):27-31.
- Pasek J, Szajkowski S, Cieślak G. Effect of Treatment of Neuropathic and Ischemic Diabetic Foot Ulcers with the Use of Local Ozone Therapy Procedures-An Observational Single Center Study. *Clin Pract*. 2024 Oct 16;14(5):2139-2150. doi: 10.3390/clinpract14050169.
- Monami M, Scatena A, Raghianti B, Miranda C, Monge L, Silverii A, Uccioli L, Vermigli C; Panel of the Italian Guidelines for the Treatment of Diabetic Foot Syndrome; SID and AMD. Effectiveness of most common adjuvant wound treatments (skin substitutes, negative pressure wound therapy, hyperbaric oxygen therapy, platelet-rich plasma/fibrin, and growth factors) for the management of hard-to-heal diabetic foot ulcers: a meta-analysis of randomized controlled trials for the development of the Italian Guidelines for the Treatment of Diabetic Foot Syndrome. *Acta Diabetol*. 2024 Dec 26. doi: 10.1007/s00592-024-02426-7.
- von Beckerath O, Zapenko A, Dissemond J, Kröger K; Initiative Chronische Wunden (ICW) e.V. Ten-year analyses of the German DRG data about negative pressure wound therapy. *Int Wound J*. 2017 Jun;14(3):501-507. doi: 10.1111/iwj.12635.
- Napolitano R. Negative pressure wound therapy with instillation in lower extremity wounds may contribute to cost-savings: 4 case reports. *Wound Manag Prev*. 2023 May;69(2):32-38.
- Rys P, Borys S, Hohendorff J, Zapala A, Witek P, Monica M, Frankfurter C, Ludwig-Slomeczynska A, Kiec-Wilk B, Malecki MT. NPWT in diabetic foot wounds-a systematic review and meta-analysis of observational studies. *Endocrine*. 2020 Apr;68(1):44-55. doi: 10.1007/s12020-019-02164-9.
- Andasbekov N, Omarov N, Imangazinov S, Kairkhanov Y, Tashtemirova O, Kazangapov R, Imangazinova S, Masalov A. Application of improved autodermoplasty technique in granulating wounds treatment. *Georgian Med News*. 2024 Nov;(356):171-175.
- Cichon P, Ekmana M. Zastosowanie terapii podciśnieniowej w leczeniu zespołu stopy cukrzycowej – opis przypadku [Negative pressure wound therapy in the treatment of diabetic foot syndrome – a case report]. *Pol Merkur Lekarski*. 2021 Jun 16;49(291):213-216. [In Polish]
- Enodien B, Hendie D, Pozza G, Lyzikov A, Taha-Mehlitz S, Taha A. Advantages of negative pressure wound therapy with instillation of super oxidized solution and dwell time in diabetic foot syndrome: a rare case report. *J Surg Case Rep*. 2021 May 18;2021(5):rjab167. doi: 10.1093/jscr/rjab167.

14. Ivanova Y, Gramatiuk S, Kryvoruchko I, Tymchenko M, Goltsev K, Sargsyan K. Investigating the joint application of negative pressure wound treatment and tissue therapy for chronic wounds in patients with diabetes. *J Med Life*. 2023 Jul;16(7):1098-1104. doi: 10.25122/jml-2023-0020.
15. Normandin S, Safran T, Winocour S, Chu CK, Vorstenbosch J, Murphy AM, Davison PG. Negative Pressure Wound Therapy: Mechanism of Action and Clinical Applications. *Semin Plast Surg*. 2021 Aug;35(3):164-170. doi: 10.1055/s-0041-1731792.
16. Borys S, Hohendorff J, Frankfurter C, Kiec-Wilk B, Malecki MT. Negative pressure wound therapy use in diabetic foot syndrome-from mechanisms of action to clinical practice. *Eur J Clin Invest*. 2019 Apr;49(4):e13067. doi: 10.1111/eci.13067.
17. Borys S, Hohendorff J, Koblik T, Witek P, Ludwig-Slomczynska AH, Frankfurter C, Kiec-Wilk B, Malecki MT. Negative-pressure wound therapy for management of chronic neuropathic noninfected diabetic foot ulcerations – short-term efficacy and long-term outcomes. *Endocrine*. 2018 Dec;62(3):611-616. doi: 10.1007/s12020-018-1707-0.

Дата першого надходження рукопису до видання: 21.08.2025

Дата прийнятого до друку рукопису після рецензування: 22.09.2025

Дата публікації: 28.11.2025