

### Оптимізація хірургічного лікування гнійно-запальних захворювань м'яких тканин у пацієнтів із цукровим діабетом 2 типу шляхом поєднання системної вазодилатації та локальної імунокорекції

**Мета роботи:** підвищити ефективність лікування пацієнтів із гнійно-запальними захворюваннями м'яких тканин і супутнім цукровим діабетом 2 типу шляхом розробки та впровадження тактики синергійного застосування системної вазодилатації та локальної імунокорекції.

**Матеріали і методи.** Традиційні хірургічні методи лікування часто не сприяють адекватному загоєнню ран у пацієнтів із діабетом через «метаболічну імунодепресію» та мікроангіопатію. У роботі представлено результати лікування 148 пацієнтів із гнійно-запальними захворюваннями м'яких тканин (ГЗЗМТ) на тлі цукрового діабету (ЦД) 2 типу. Доведено, що традиційні методи лікування не забезпечують адекватної регенерації через імунометаболічний параліч та мікроангіопатію. Автор запропонував лікувальний комплекс, що включає системне застосування вазодилатора алпростадилу та локальну імунокорекцію мурамілпептидами.

**Результати.** Встановлено, що поєднання цих компонентів дозволяє подолати «діабетичний стопор» загоєння. Цитологічно підтверджено пришвидшення появи фібробластів на 3–4 доби. За даними комп'ютерної планіметрії, площа ран в основній групі на 10 добу зменшилась на 59,3 % ((24,9±1,8) см<sup>2</sup>), тоді як у контрольній групі – лише на 24,9 % ((41,3±2,4) см<sup>2</sup>). Середньодобовий показник загоєння в основній групі склав 7,6 %, що у 1,6 раза перевищує результати стандартної терапії.

**Висновки.** Синергетичний ефект системної вазодилатації та імунокорекції ефективно долає «діабетичний арешт загоєння», що приводить до значно швидшого закриття рани та об'єктивного покращення параметрів регенерації.

**Ключові слова:** цукровий діабет; гнійна хірургія; імунокорекція; комп'ютерна планіметрія; регенерація.

**Постановка проблеми й аналіз останніх досліджень.** Лікування гнійно-запальних захворювань м'яких тканин (ГЗЗМТ) у хворих на цукровий діабет (ЦД) 2 типу залишається однією з найскладніших проблем у сучасній хірургії. Глобальний тягар діабетичної патології продовжує неухильно зростати, що призводить до збільшення кількості пацієнтів із критичними інфекційними ускладненнями, які часто мають рефрактерний до стандартної терапії перебіг [3, 9].

Особливістю патогенезу гнійного процесу при ЦД 2 типу є формування явища «імунометаболічного паралічу», що виникає на тлі хронічної ішемії тканин. Діабетична мікроангіопатія та ендотеліальна дисфункція [1] створюють механічний та функціональний бар'єр, який перешкоджає адекватній міграції імунокомпетентних клітин у вогнище інфекції. Доведено, що за умов гіперглікемії порушується сигнальна функція NOD2-рецепторів [5], що призводить до дисфункції нейтрофілів та макрофагів, блокуючи їх здатність до фагоцитозу та подальшої репарації [2, 4, 7].

Традиційні методи хірургічної обробки та системної антибактеріальної терапії часто виявляються малоефективними, оскільки не забезпечу-

ють корекцію локальної імунодепресії в умовах критичного порушення перфузії. Перспективним напрямком є синергійне поєднання препаратів, що відновлюють мікроциркуляторний кровотік (вазодилаторів), та імуномодуляторів мурамілпептидного ряду, здатних відновити ефекторну функцію макрофагів та «перезапустити» регенераторний потенціал тканин [6]. Проте математичне обґрунтування темпів загоєння за такої комбінованої терапії залишається вивченим недостатньо.

**Мета роботи:** підвищити ефективність лікування пацієнтів із гнійно-запальними захворюваннями м'яких тканин і супутнім цукровим діабетом 2 типу шляхом розробки та впровадження тактики синергійного застосування системної вазодилатації та локальної імунокорекції.

**Матеріали і методи.** Дослідження базується на аналізі результатів лікування 148 пацієнтів із ГЗЗМТ на тлі ЦД 2 типу. Роботу виконано з дотриманням основних положень Гельсінської декларації з біоетики. Пацієнтів поділили на дві групи:

– основна група (n=76): отримувала розроблений комплекс, що включав системне введення алпростадилу (вазодилатор групи простагландину E1) у дозі 20 мкг внутрішньовенно (в/в)

### З ДОСВІДУ РОБОТИ

краплинно та локальну імунокорекцію препаратом мурамілпептидного ряду (ліастен) у поєднанні з 20 % розчином диметилсульфоксиду шляхом аплікацій на ранову поверхню.

– контрольна група (n=72): отримувала стандартне лікування згідно з чинними протоколами МОЗ України.

Об'єктивізацію результатів проводили з урахуванням науково-методичних розробок Вінницької школи хірургів під керівництвом професора М. Д. Желіби. Використовували:

– комп'ютерну планіметрію. Об'єктивізацію площі ранової поверхні проводили за допомогою комп'ютерної планіметрії, що на сьогодні є золотим стандартом у світовій хірургічній практиці для кількісної оцінки регенерації [10] для точної фіксації площі ранових дефектів;

– для об'єктивізації фаз ранового процесу виконували цитологічне дослідження мазків-відбитків з поверхні ран за методом М. П. Покровської [9]. Визначали тип цитограми (дегенеративно-запальний, запальний, запально-регенераторний або регенераторний) та проводили кількісний підрахунок основних клітинних елементів;

– математичний аналіз: розрахунок середньодобової швидкості зменшення площі рани (V) за формулою:

$$V = \frac{(S - S_n)}{S \times t} \times 100,$$

де V – швидкість зменшення площі рани (у відсотках за добу); S – площа рани при попередньому вимірюванні (см<sup>2</sup>); S<sub>n</sub> – площа рани при поточному вимірюванні (см<sup>2</sup>); t – кількість діб, що минули між першим та другим вимірюванням.

Статистичну обробку даних проводили з використанням пакета StatSoft Statistica 12.0.

**Результати.** Аналіз перебігу ранового процесу показав, що застосування системної вазодилатації алпростадиллом дозволило ефективно подолати мікроциркуляторний блок, характерний для діабетичної ангіопатії. Це створило умови для безперешкодної доставки локального імуномодулятора безпосередньо до клітин-ефекторів запалення. Встановлено, що в основній групі термін очищення ран від некротичних тканин склав (2,46±0,37) доби, що у 1,8 раза швидше, ніж у контрольній групі – (5,22±0,27) доби, p≤0,05.

При аналізі початкового імунологічного статусу пацієнтам обох груп встановлено стан вираженого «імунометаболічного стопору». Фагоцитарний показник (ФП) до операції був достовірно зниженим – (37,40±0,77) % та (38,48±0,862) % відповідно, що свідчить про глибоке пригнічення поглинальної здатності нейтрофілів на тлі хронічної гіперглікемії.

Впровадження розробленої тактики лікування дозволило суттєво змінити динаміку відновлення неспецифічного імунітету (табл. 1). Так, в основній групі вже на 3 добу спостерігалось статистично значуще зростання ФП до (46,30±0,511) % (p≤0,05 порівняно з контрольною групою), а до 10 доби цей показник фактично досягнув нижньої межі фізіологічної норми.

Особливу увагу привертає динаміка індексу стимуляції НСТ-тесту. Якщо в контрольній групі спостерігалися хаотичні коливання показника з ознаками вторинного виснаження на 10 добу (3,22±0,194), то в основній групі відбувалося

**Таблиця 1. Показники неспецифічної імунної резистентності пацієнтів у динаміці лікування**

Показник	Група дослідження	Норма	Термін спостереження			
			до операції	3 доба	7 доба	10 доба
Фагоцитарний показник, %	Основна	50–80	37,49±0,770	46,30±0,511*	50,49±0,659*	53,48±0,573
	Контрольна		38,48±0,862	44,82±0,575	44,49±1,124	54,59±0,483
Фагоцитарний індекс, од.	Основна	5–9	3,91±0,247	6,19±0,346	7,78±0,335	7,69±0,361
	Контрольна		4,09±0,191	5,61±0,294	8,11±0,363	6,46±0,347
НСТ-спонтанний, %	Основна	5–12	14,11±0,472	11,91±0,344	10,22±0,345	10,61±0,383
	Контрольна		13,89±0,471	11,49±0,317	9,06±0,483	10,76±0,694
НСТ-стимульований, %	Основна	20–40	30,21±0,608	35,55±0,561	36,49±0,488	40,22±0,506
	Контрольна		32,49±1,282	37,29±1,160	39,03±1,142	37,42±1,129
Індекс стимуляції	Основна	3–5	2,11±0,123	2,84±0,115*	3,67±0,136*	3,97±0,144
	Контрольна		2,29±0,135	3,29±0,166	4,22±0,181	3,22±0,194 *

Примітка. \* – достовірна різниця між показниками основної групи та групи порівняння, p≤0,05.

### 3 ДОСВІДУ РОБОТИ

планомірне відновлення резервних можливостей фагоцитів. На 7-му добу індекс стимуляції в основній групі склав  $3,67 \pm 0,136$ , що вказує на готовність імунної системи до завершення фази очищення та активного переходу до регенерації.

Ключовим показником регенераторної активності став цитологічний профіль. На 7 добу лікування в основній групі спостерігалася активна мобілізація фібробластів –  $(22,71 \pm 0,43) \%$ , тоді як у контрольній групі цей показник залишався на рівні  $(11,48 \pm 0,53) \%$ , що свідчить про синергійну дію препаратів у пришвидшенні переходу рани до фази проліферації.

Клінічним підтвердженням імунологічної ефективності стали дані комп'ютерної планіметрії. В основній групі площа ранових дефектів до 10 доби зменшилася до  $(26,4 \pm 1,8) \text{ см}^2$  (загальний регрес –  $59,3 \%$ ) проти контрольної групи, де аналогічний показник склав  $41,3 \pm 2,4 \text{ см}^2$ . Середньодобова швидкість загоєння становила  $7,6 \%$ , що достовірно перевищувало показник у контрольній групі ( $4,7 \%$ ,  $p \leq 0,05$ ).

Це свідчить про те, що купірування локальної імуносупресії на тлі адекватної перфузії є ключовим чинником подолання «діабетичного стопору» регенерації.

Динаміка планіметричних показників об'єктивувала клінічні спостереження. Результати спостереження за площею ранової поверхні наведені в таблиці 2.

Як видно з таблиці 2, найбільш виражена динаміка репаративних процесів спостерігалася в основній групі в інтервалі між 3 та 5 добами, що корелює з термінами очищення ранової поверхні та початком активної фази проліферації.

**Обговорення.** Аналіз отриманих даних свідчить, що при госпіталізації та на 3 добу післяопераційного періоду статистично достовірної різниці між площами ран у пацієнтів обох груп не спостерігалось ( $p \geq 0,05$ ). Початкова площа ранової поверхні в обох групах була зіставною і склала у середньому  $(64,8 \pm 3,2) \text{ см}^2$  в основній групі та  $(66,2 \pm 3,5) \text{ см}^2$  – у контрольній ( $p \geq 0,05$ ).

На 10 добу комплексного лікування в основній групі площа рани зменшилася до  $(26,4 \pm 1,8) \text{ см}^2$ , що становить  $59,3 \%$  від початкового рівня. Водночас у пацієнтів із контрольної групи цей показник склав лише  $(41,3 \pm 2,4) \text{ см}^2$  (знизився на  $37,6 \%$ ). Результати розрахунку середньодобової швидкості зменшення площі рани (V) підтвердили статистично достовірну ( $p \leq 0,05$ ) перевагу розробленої тактики:  $7,6$  проти  $4,7 \%$  у контрольній групі.

Отримані результати підтверджують гіпотезу про те, що патогенетично обґрунтований вплив на мікроциркуляторне русло є ключовою передумовою успішної імунокорекції при цукровому діабеті. Встановлене пришвидшення регенерації на 5 добу в основній групі пояснюється нівелюванням «метаболічної інерції» тканин. Унаслідок системного впливу алпростадилу на ендотеліальну функцію та локальної активації макрофагальної ланки мурамілпептидами вдається перевести рановий процес із фази хронічного запалення у фазу активної проліферації. Це корелює з цитологічними даними про ранню появу фібробластів та об'єктивно підтверджується вираженим регресом площі ранового дефекту, що дозволяє оптимізувати терміни підготовки до закриття ран та зменшити ризик висхідної інфекції.

**Таблиця 2. Динаміка планіметричних показників перебігу ранового процесу (M±m)**

Показник / етап спостереження	При госпіталізації	3 доба	5 доба	7 доба	10 доба
<b>Площа рани (S), см<sup>2</sup></b>					
Основна група (n=76)	$64,8 \pm 3,2$	$61,4 \pm 2,2$	$39,7 \pm 1,9^*$	$31,2 \pm 0,8^*$	$26,4 \pm 1,8^*$
Контрольна група (n=72)	$66,2 \pm 3,5$	$65,2 \pm 1,8$	$54,1 \pm 0,8$	$49,1 \pm 0,7$	$41,3 \pm 2,4$
<b>Зменшення площі, %</b>					
Основна група (n=76)	–	5,2	38,7	51,9*	59,3*
Контрольна група (n=72)	–	1,5	18,3	25,8	37,6
<b>Швидкість загоєння (V), %/добу</b>					
Основна група (n=76)	–	2,6	17,6*	10,7*	5,1
Контрольна група (n=72)	–	0,7	8,5	4,6	5,3

Примітка. \* – достовірність ( $p \leq 0,001$ ).

## З ДОСВІДУ РОБОТИ

**Висновки.** 1. Комплексна терапія з використанням алпростадилу та ліастену дозволяє подолати регенераторний бар'єр, зумовлений діабетичною ангіопатією.

2. Застосування комп'ютерної планіметрії дозволило встановити, що швидкість загоєння ран в основній групі у 1,6 раза перевищує результати традиційного лікування (7,6 проти 4,7 %).

3. Досягнуте зменшення площі ранових дефектів на 59,3 % до 10-ї доби створює сприятливі умови для раннього закриття ран вторинними швами.

**Конфлікт інтересів.** Немає конфлікту інтересів.

**Джерела фінансування.** Власні кошти автора.

**Внесок автора.** Богачук М. Г. – ідея та дизайн дослідження, огляд літератури, написання тексту, концепція дослідження, аналіз та обговорення.

**Перспективи подальших досліджень.** Подальші дослідження будуть спрямовані на вивчення віддалених результатів лікування (через 6 та 12 місяців) та оцінку якості життя пацієнтів із цукровим діабетом після застосування розробленої методики. Також планується аналіз економічної ефективності впровадження синергічної вазодилатації та імунокорекції в умовах хірургічного стаціонару.

## REFERENCES

1. Zheliba MD, Khimich SD, Gerasymchuk PO, et al. Hniina khirurgiia: pidruchnyk [Pyogenic surgery: a textbook]. Kyiv. Medytsyna. 2016; 488. Ukrainian.
2. Gerasymchuk PO, Kit OM, Pavlovykh OV, et al. Rol endotelialnoi dysfunksii u patohenezi syndromu diabetichnoi stopy [The role of endothelial dysfunction in the pathogenesis of diabetic foot syndrome]. *Shpytalna khirurgiia. Zhurnal imeni L Ya. Kovalchuka*. 2017; (3):34-8. Ukrainian.
3. Dzyubanovskyi IYa, Mishchii MM, Haras MM. Suchasni pidkhody do likuvannia hniino-nekrotychnykh uskladnen syndromu diabetichnoi stopy [Modern approaches to the treatment of purulent-necrotic complications of diabetic foot syndrome]. *Shpytalna khirurgiia. Zhurnal imeni L. Ya. Kovalchuka*. 2018; (1):48-51. Ukrainian.
4. Lazzarini PA, Armstrong DG, Rogers LC, et al. Global burden of diabetic foot disease: a systematic review. *Journal of Foot and Ankle Research*. 2022; 15(1):1-12.
5. Holosh SV, Zheliba MD. Vplyv muramilpeptydiv na fahotsytarnu aktyvnist monotsytiv u khvorykh na diabetichnu stopu [Influence of muramyl peptides on phagocytic activity of monocytes in patients with diabetic foot]. *Visnyk Vinnytskoho natsionalnoho medychnoho universytetu*. 2020; 24(2):245-50. Ukrainian.
6. Shao M, Cheng L, Bin L, et al. The efficacy and safety of Alprostadil in the treatment of diabetic foot ulcers: A systematic review and meta-analysis. *Frontiers in Endocrinology*. 2023; 14:1122118.
7. Kovalchuk LYa, Polyatsko KH. Patohenychni aspekty likuvannia hniino-nekrotychnykh uskladnen diabetichnoi stopy [Pathogenetic aspects of treatment of purulent-necrotic complications of diabetic foot]. *Shpytalna khirurgiia*. 2016;(2):5-9. Ukrainian.
8. Zheliba MD, Pokydko MI. Obhruntuvannia zastosuvannia systemnoi vazodylatatsii v kompleksnomu likuvanni hniinoi infektsii miakykh tkanyn [Substantiation of the use of systemic vasodilation in the complex treatment of purulent infection of soft tissues]. *Vinnytskyi medychnyi zhurnal*. 2019; (2):15-20. Ukrainian.
9. Chornopyschuk RM, Zheliba MD, et al. Osoblyvosti khirurgichnoi taktiky likuvannia khvorykh na hniini zakhvoriuvannia miakykh tkanyn [Features of surgical tactics for the treatment of patients with purulent diseases of soft tissues]. *Klinichna khirurgiia*. 2021; (7-8):34-9. Ukrainian.
10. Wang C, Schwaizberg S, Floyd E, et al. Robotic and digital tools in wound area measurement: a review of modern planimetric techniques. *Journal of Surgical Research*. 2023; 282:154-62.

Надійшла до редакції / Received for editorial office on: 21.01.2026

Прийнята після рецензування / Accepted after review on: 04.02.2026

Подана до друку / Submitted for printing on: 23.02.2026

Електронна адреса для листування: [maxbogachuc@gmail.com](mailto:maxbogachuc@gmail.com)

M. G. BOGACHUK

National Pirogov Memorial Medical University, Vinnytsia, Ukraine

### OPTIMIZATION OF SURGICAL TREATMENT FOR PURULENT-INFLAMMATORY SOFT TISSUE DISEASES IN PATIENTS WITH TYPE 2 DIABETES MELLITUS USING SYNERGISTIC VASODILATION AND IMMUNOCORRECTION

**The aim of the work:** to increase the effectiveness of treatment of patients with purulent-inflammatory soft tissue diseases with concomitant type 2 diabetes mellitus by developing and implementing tactics of synergistic use of systemic vasodilation and local immunocorrection.

**Materials and Methods.** Traditional surgical treatment methods often do not contribute to adequate wound healing in patients with diabetes mellitus due to "metabolic immunodepression" and microangiopathy. The paper presents the results of treatment of 148 patients with purulent-inflammatory soft tissue diseases (PISTD) on the background of type 2 diabetes mellitus (DM). It is proven that traditional treatment methods do not provide adequate regeneration due to immunometabolic paralysis and microangiopathy. The author proposed a treatment complex that includes systemic use of the vasodilator alprostadil and local immunocorrection with muramyl peptides.

**Results.** It was established that the combination of these components allows overcoming the "diabetic stopper" of healing. Cytologically confirmed acceleration of fibroblast appearance by 3–4 days. According to computer planimetry, the area of wounds in the main group on the 10th day decreased by 59.3 % ( $26.42 \pm 1.8$  cm<sup>2</sup>), while in the control group – only by 24.9 % ( $41.3 \pm 2.4$  cm<sup>2</sup>). The average daily healing rate according in the main group was 7.6 %, which is 1.6 times higher than the results of standard therapy.

**Conclusions.** The synergistic effect of systemic vasodilation and immunocorrection effectively overcomes the "diabetic arrest of healing", which leads to significantly faster wound closure and objective improvement of regeneration parameters.

**Key words:** type 2 diabetes mellitus; soft tissue infections; computer-assisted planimetry; regeneration.

#### Відомості про автора

**Богачук М. Г.** – асистент кафедри ендоскопічної та серцево-судинної хірургії Вінницького національного університету імені М. І. Пирогова, Вінниця, Україна, e-mail: [maxbogachuc@gmail.com](mailto:maxbogachuc@gmail.com).

#### Information about author

**Bogachuk M. G.** – Assistant Professor, Department of Endoscopic and Cardiovascular Surgery, National Pirogov Memorial Medical University, Vinnytsia, Ukraine, e-mail: [maxbogachuc@gmail.com](mailto:maxbogachuc@gmail.com).