

**БІЛЯЄВА Ольга Олександрівна**

доктор медичних наук,  
професор кафедри загальної та  
невідкладної хірургії,  
Національний університет охорони здоров'я  
України імені П.Л. Шупика, Київ, Україна.  
ORCID ID: 0000-0003-2862-0423

**ГОЛУБ Олександр Андрійович**

доктор хімічних наук,  
декан факультету природничих наук,  
Національний університет  
«Києво-Могилянська академія», Київ, Україна.  
ORCID ID: 0000-0003-1823-2523

**ВАКУЛИК Поліна Василівна**

доктор технічних наук,  
професор кафедри хімії,  
Національний університет  
«Києво-Могилянська академія», Київ, Україна.  
ORCID ID: 0000-0001-7828-1349

**КРИЖЕВСЬКИЙ Євгеній Євгенійович**

аспірант кафедри загальної та  
невідкладної хірургії,  
Національний університет охорони здоров'я  
України імені П.Л. Шупика, Київ, Україна.  
ORCID ID: 0000-0003-1403-1476

**ГАЙДАЙ Аліна Русланівна**

аспірантка кафедри хімії,  
Національний університет  
«Києво-Могилянська академія», Київ, Україна.  
ORCID ID: 0000-0002-5833-0868

## ЕФЕКТИВНІСТЬ АПЛІКАЦІЙНОГО СОРБЕНТУ НОВОГО ПОКОЛІННЯ В КОМПЛЕКСНОМУ ЛІКУВАННІ СИНДРОМУ ДІАБЕТИЧНОЇ СТОПИ

Однією з актуальних проблем медицини є цукровий діабет (ЦД), це тяжке захворювання ендокринної системи при якій вражаються органи і системи. По даним ВОЗ на ЦД в світі страждає близько 425 млн. людей, до 2035 року, прогнозується, що число хворих на ЦД збільшиться до 592 млн. Вважається

що понад 70 % хворих на ЦД страждають на різноманітні ускладнення діабету, серед яких найбільш поширеним є синдром діабетичної стопи (СДС) Більшість хворих на СДС страждають на гнійно-некротичні процеси стопи та гомілок, що можуть закінчитись ампутаціями<sup>1</sup>.

Основною причиною ампутацій нижніх кінцівок у хворих на СДС є гнійно-некротичний процес у тканинах стопи, що розвивається на тлі ран, тріщин і виразок. Хворі, що перенесли ампутації кінцівки входять в групу ризику як у відношенні втрати іншої кінцівки, так і смерті після ампутації. Приблизно від 6 до 30% хворих на ЦД після першої ампутації переносять ампутації другої кінцівки протягом 1-3 років. Показник летальності на першому році після ампутації складають 11-41%, а за п'ять років сягають 39-68%<sup>2</sup>.

Місцеве лікування гнійно-некротичних процесів при СДС є важливою і актуальною проблемою в хірургії. Задача місцевого лікування гнійної рани це зниження мікробної активності та прискорення загоєння ран у хворих на СДС. На сьогоднішній день існує багато препаратів для місцевого лікування гнійних ран.

Тому очевидно актуальним є створення методів та препаратів ефективного лікування СДС для найшвидшого й безболісного заживлення складних діабетичних ран і виразок та запобігання ампутацій нижніх кінцівок. Саме створення нових нанокompозитних препаратів, що містять в своєму складі наносорбенти з іммобілізованими на їхній поверхні біологічно активними речовинами дозволяє сподіватись на успіх<sup>3</sup>.

Вирішення проблеми пошуку новітніх ефективних лікарських засобів для пришвидшення загоювання ускладнених ран при СДС потребує створення аплікаційних нанокompозитних матеріалів, що одночасно володіють протеосорбційними та антибактеріальними властивостями. Зважаючи на незначну вихідну токсичність нанокompозитних матеріалів та ряд інших корисних властивостей, притаманних таким матеріалам, останні вважаються перспективними для застосування у інтенсивній первинній терапії ранових поверхонь та інших ушкоджень. Безсумнівно важливим є вивчення спектральних та десорбційних властивостей нанокompозитних лікарських препаратів, що

- 1 Schaper, N.C., van Netten, J., & Apelqvist, J. On behalf of the International Working Group on the Diabetic Foot (IWGDF). IWGDF Guidelines on the Prevention and Management of Diabetic Foot Disease. Retrieved from: <https://iwgdfguidelines.org/wp-content/uploads/2019/05/01-IWGDF-practical-guidelines-2019.pdf>.
- 2 Гурьева И.В. Синдром диабетической стопы. Методические рекомендации / И.В. Гурьева, И.В. Кузина, А.В. Воронин. М., 2000. 40 с.
- 3 О.О. Біляєва, О.А. Голуб, В.В. Нешта, В.В. Біляєв. ЕФЕКТИВНІСТЬ НОВОГО АПЛІКАЦІЙНОГО СОРБЕНТНОГО ПРЕПАРАТУ «СЕРТАСИЛ» В ЛІКУВАННІ ХІРУРГІЧНОЇ ІНФЕКЦІЇ // Український Журнал Хірургії. № 3. 2009. С. 7–10.

дозволяє встановлювати механізм лікувальної дії та пропонувати оптимальні методи лікування.

Метою нашої роботи було вивчити спектральні та десорбційні властивості нанокompозитного препарату (аплікаційного сорбенту) «Орнідасил» для лікування гнійних ран з пролонгованою антимікробною дією.

Дослідити спектральні властивості методом інфрачервоної (ІЧ) спектроскопії, та вивільнення активної речовини (орнідазол) у фізіологічний розчин для розуміння механізму дії препарату. (написав особисто Голуб)

Покращити результати лікування гнійно-некротичних ускладнень при СДС за допомогою аплікаційного сорбенту нового покоління.

Аплікаційний нанокompозитний сорбент «Орнідасил»<sup>4</sup> є нанокompозитним матеріалом що складається з відомих медичних препаратів дозволених до перорального та інших застосувань в медичній практиці. Він містить у своєму складі пірогенний нанокремнезем (розмір частинок 10 нм) та орнідазол (1-(2-гідрокси-3-хлоропропіл)-2-метил-5-нітроімідазол), іммобілізований на поверхні наночастинок за рахунок слабких водневих зв'язків без зміни хімічної природи вихідних компонентів<sup>5</sup>. Окремо компоненти композиту не виявляють вираженої лікувальної дії, однак за рахунок синергічного ефекту за одночасної присутності в нанокompозиті активно діють, на представників ранових патогенів<sup>67</sup>.

Пірогенний нанокремнезем (торгові назви: полісорб, силлард П, атоксил, аеросил) має розвинену сорбційну поверхню до кількох сотень квадратних метрів на 1 г препарату. Він здатний ефективно зв'язувати складові ранового ексудату (детрит, гній, метаболіти). Ефективність сорбентів на основі високодисперсного кремнезему, зумовлена його розвиненою поверхнею та поверхневими гідроксильними групами, що забезпечують гідрофільність та поглинання білків, адже понад 90% ранового ексудату це вода і близько 6% це білки та пептидні деструкти, більшість з яких є токсичними для організму. Також, нанокompозитні

4 Біляєва О.О., Голуб О.А., Кароль І. В., Нешта В. В., Крижевський Є. Є., Бродська А. П.. Комплексний антимікробний сорбційний препарат орнідасил для профілактики аеробної і анаеробної інфекції та лікування гнійних ран, трофічних виразок, опіків. Патент 112523 (UA). Патент опубліковано 26.12.2016, бюл. № 24/2016

5 I. Furtat, M. Lupatsii, T. Murlanova, P. Vakuliuk, A. Gaidai, O. Biliayeva, H. Sobczuk, A. Golub. Nanocomposites with ornidazole-antibacterial and antiadhesive agents against Grampositive and Gramnegative bacteria. *Applied Nanoscience*. -2020.-V.10, p. 3193–3203; 14 January 2020, open access version <https://doi.org/10.1007/s13204-020-01260-x>

6 Murlanova T.V., Vakuliuk P.V., Furtat I.M., Lupatsii M.V., Golub A.A. Nanocomposites Based on Silica for Treatment of Complicated Wounds. In Book: III Ukrainian-Polish scientific conference MEMBRANE AND SORPTION PROCESSES AND TECHNOLOGIES (Kyiv, December 12-14) Abstracts/ Editors: Vakuliuk P.-Kyiv: NauKMA, 2017.- p. 180-1

7 Мурланова Т. В., Коцюда С. С., Вакулюк П. В., Голуб О. А. Нанокompозити на основі орнідазолу та пірогенного кремнезему для лікування ускладнених ран. Наукові записки НаУКМА. Природничі науки. 2017. Т. 197. С.53–57.

сорбенти утворюють конгломерати з мікроорганізмами, які видаляються з рани при її промиванні<sup>8</sup>. Стеричні утруднення майже відсутні під час адсорбції на поверхні непоруватих сорбентів, до яких відноситься аеросил, тому навіть великі молекули білків адсорбуються швидко і в значній кількості<sup>9</sup>.

Як антимікробний агент використовували орнідазол (1-(3-хлор-2-гідроксипропіл)-2-метил-5-нітроімідазол), який належить до третього покоління нітроімідазолів і виявляє підвищену активність проти аеробних та анаеробних бактерій (як грам-позитивних, так і грам-негативних) та протозоа (рис. 1).

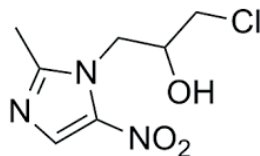


Рис. 1. а) Формула орнідазолу (1-(3-хлор-2-гідроксипропіл)-2-метил-5-нітроімідазолу)

Його висока ефективність визначається швидким бактерицидним ефектом, низькою пригнічувальною концентрацією по відношенню до бактерій, низьким рівнем токсичності і тривалим післяантибіотичним ефектом. Проте головними перевагами орнідазолу є гальмування розвитку резистентності у мікроорганізмів завдяки наявності в його молекулі хлорметильної групи (рис. 1) та низька частота побічних ефектів<sup>10</sup>.

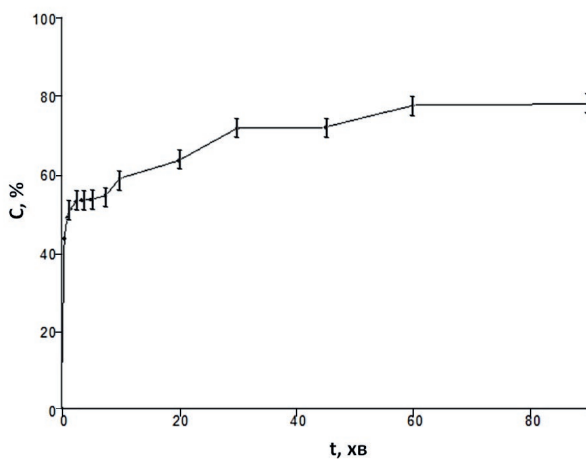


Рис.2 Залежність вивільнення орнідазолу (у %) у фізіологічний розчин з «Орнідасилу» від часу контакту.

- 8 Медицинская химия и клиническое применение диоксида кремния // Под ред. А. А.Чуйко. К.: Наукова думка. 2003.- 416 с.
- 9 Воронін Є. П., Чекман І. С., Руденко А. В., Носач Л. В., Осіння Л. М. Властивості нанорозмірного кремнезему як медичного сорбенту. Інтегративна антропологія. 2017. №1 (29). С. 44–48.
- 10 Бобрицька Л. О., Назарова О. С., Вербова Ю. М. Розробка та валідація методики кількісного визначення таблеток з орнідазолом. Управління, економіка та забезпечення якості в фармацевції. 2012. №3. С. 9–14.

Як показує дослідження кінетики десорбції орнідазолу (концентрацію орнідазолу у фізрозчині визначали спектрофотометрично – СФ-16) при контакті «Орнідасилу» з фізіологічним розчином (Рис.2) за перші 5 хвилин у розчин переходить до 60% активної речовини, що створює достатньо високу концентрацію агента в рановому ексудаті. З часом вивільнення орнідазолу сповільнюється і за 1,5 години сягає 75%, що дозволяє підтримувати вміст антибактеріального засобу на рановій поверхні протягом довгого часу. Це зумовлює пролонговану дію препарату, причому, навіть після 24 годин контакту з фізіологічним розчином залишкові концентрації орнідазолу ще присутні на поверхні аеросилу (Рис.3, крива 4).

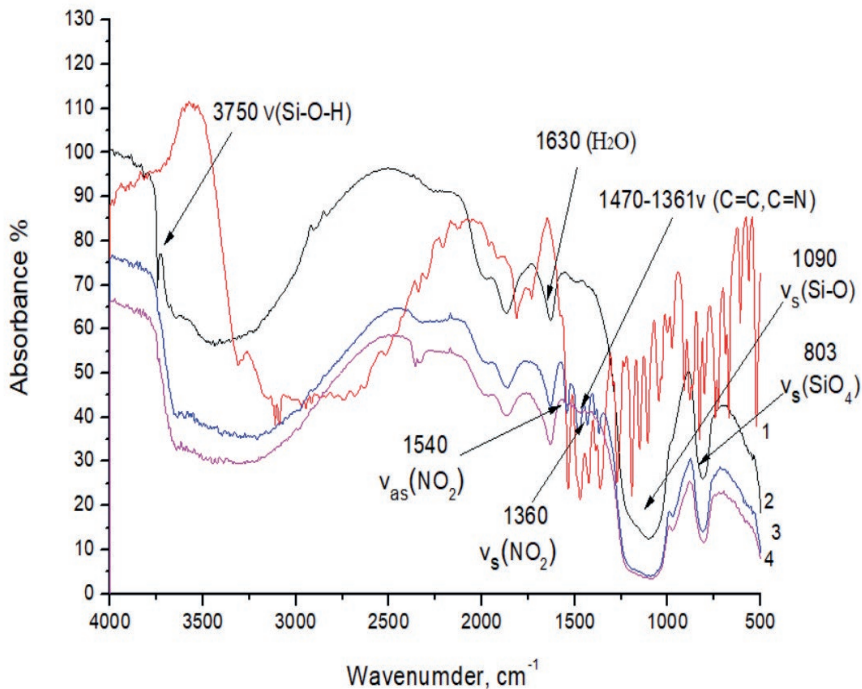


Рис.3. ІЧ-спектри поглинання орнідазолу (1), нативної кремнеземної матриці(2), «Орнідасилу» (3) та нанокмползиту після десорбції (4) орнідазолу фізіологічним розчином протягом 24 годин.

Вивчення інфрачервоних спектрів (спектрометр з фур'є-перетворенням Bruker JFS-66 (Німеччина) з використанням програмного забезпечення Opus 4.0) препарату «Орнідасил» підтверджує наявність орнідазолу в препараті в незмінному стані (Рис.3, криві 1 та 2). Причому відсутність смуги поглинання вільних силанолів аеросилу при  $3750\text{ cm}^{-1}$ , свідчить про зв'язування з ними молекул орнідазолу за посередництвом водневого зв'язку через полярні нітро- та гідроксильні групи<sup>11</sup> (Рис.1).

11 Гребенюк А.Г., Голуб О.А. Квантовохімічне моделювання сольватації та адсорбції орнідазолу на поверхні кремнезему // Наукові записки НаУКМА. Природничі науки. 2017. Т. 197. С. 58–61.

У відділенні гнійної хірургії КНП Київської міської клінічної лікарні №6 протягом 2019 року знаходилось на лікуванні 2114 хворих з різною хірургічними захворюваннями, з них 1073 (50,7%) хворих з гнійно-септичними захворюваннями та ускладненнями), серед них з цукровим діабетом 2 типу було 193 (17,9%) хворих та з синдромом діабетичної стопи в 2-5 стадії за Wagner було 134 (12,5%) хворих, які були госпіталізовані за екстремними показами.

В дослідження увійшло 134 хворих з СДС. Хворих було розподілено за статтю та за віком, чоловіків – 85 (63,4%), жінок – 49 (36,6%), середній вік хворих склав (64,3±7,3 роки).

В нашій роботі ми використовуємо класифікацію Wagner-Meggitt, яку описав Meggitt в 1976 р.<sup>12</sup> і розповсюдив Wagner в 1979 р.<sup>13</sup>, вона включає 6 стадій, а саме: 0 – передвиразкова або післявиразкова ділянка, 1 – поверхнева виразка, 2 – виразка, що проникає до сухожилля або суглобової капсули, 3 – абсцеси глибоких тканин, остеомієліт, 4 – гангрена дистальної частини стопи, 5 – гангрена цілої стопи, яка охоплює більше двох третин стопи<sup>14</sup>.

А також класифікацію СДС, запропоновану на Першому Міжнародному симпозиумі з діабетичної стопи в 1991 році (Нідерланди), вона ґрунтується на патогенезі розвитку цього ускладнення цукрового діабету та включає: нейропатичну, ішемічну та нейроішемічну форми.

У всіх хворих відзначалась змішана форма СДС – нейроішемічна.

Табл. 1.

### Розподіл хворих в залежності від патологічного процесу.

Патологічні процеси у хворих з СДС	Кількість хворих		
	Абс.	Ступінь за Wagner F.W.	%
Інфікована трофічна виразка стопи	9	2	6,7
Флегмона стопи	35	3	26,1
Гангрена поодиноких пальців стопи	42	4	31,3
Гангрена 2-х і більше пальців стопи	13	4	9,7
Остеомієліт поодиноких пальців стоп	14	3	10,5
Гангрена дистального відділу стопи	6	4	4,5
Гангрена стопи з переходом на гомілку	15	5	11,2
Всього	134		100

12 Meggitt B. Surgical management of the diabetic foot. Br J Hosp Med. 1976;16:227-332.

13 Wagner F. A classification and treatment program for diabetic, neuropathic, and dysvascular foot problems. Instr Course Lect. 1979;28(1):143-165.

14 M Monteiro-Soares, E Boyko, W Jeffcoate, J Mills, D Russell, S Morbach, F Game. Diabetic foot ulcer classifications: A critical review. Diabetes Metab Res Rev. 2020 Mar;36 Suppl 1:e3272. doi: 10.1002/dmrr.3272.

Розподіл хворих в залежності від нозології представлено в Табл. 1.

З Табл. 1 видно, що найбільше хворих були з ранами після виконаного їм хірургічного втручання з приводу гангрени поодиноких пальців стоп (31,3%), а також після розкриття флегмони стопи (26,1%). Слід відмітити, що гангрена стопи спостерігалась у (11,2%) і наявність остеомієліту пальців стоп у (10,5%).

Всі хворі були розподілені на чотири групи, дві основні та дві групи порівняння. До IA групи увійшло 34 хворих з СДС, яким місцеве лікування після хірургічного втручання проводилось аплікаційним сорбентом «Орнідасил», в склад якого входить високодисперсний пірогенний кремнезем (аеросил) з іммобілізованим на його поверхні орнідазолом<sup>15</sup> в поєднанні з застосуванням екзогенного оксиду азоту за допомогою апарату Плазон<sup>16</sup>. До IB групи увійшло 39 хворих з СДС, яким місцеве лікування після хірургічного втручання проводилось аплікаційним сорбентом «Орнідасил» без застосування оксиду азоту<sup>17</sup>. В IIA групу (порівняння) увійшло 26 хворих, в місцевому лікуванні яких використовувався традиційний аплікаційний сорбент «Гентаксан»<sup>18</sup> в склад якого входить: сорбент поліметилсилоксан, гентаміцин сульфат, L-триптофан та цинк сульфат. IIB група (порівняння) нараховувала 20 хворих, у яких для місцевого лікування застосовували 10% розчин хлористого натрію з подальшим переходом на мазеві пов'язки «Левомеколь»<sup>19</sup>, в склад якої входить левоміцетин та метилурацил.

Всім хворим визначали та порівнювали такі клінічні показники: купірування больового синдрому, нормалізація температури тіла, очищення рани, поява грануляцій та крайової епітелізації.

В роботі застосовувались наступні методи дослідження: лабораторні, мікробіологічні, рентгенологічні, КТ, доплерографія, статистичні.

Мікробіологічне дослідження проведене у всіх хворих. Виконували якісні дослідження, визначаючи видовий склад мікрофлори та її чутливість до

15 Біляєва О.О., Голуб О.А., Кароль І.В., Нешта В.В., Крижевський Є.Є., винахідники. Спосіб одержання комплексного антимікробного сорбційного препарату «Орнідасил» для профілактики аеробної та анаеробної інфекції та лікування гнійних ран, трофічних виразок, опіків. Патент України на КМ № 115228. 2017 Лют. 10.

16 Околиць В. П., Герасименко О. С., Соломко О. О. Аналіз лікування хворих із діабетичною гангrenoю стопи //Проблеми військової охорони здоров'я. 2012. № 34 (2). С. 282–284.

17 Біляєва О.О., Голуб О.А., Кароль І.В., Нешта В.В., Крижевський Є.Є., винахідники. Спосіб одержання комплексного антимікробного сорбційного препарату «Орнідасил» для профілактики аеробної та анаеробної інфекції та лікування гнійних ран, трофічних виразок, опіків. Патент України на КМ № 115228. 2017 Лют. 10.

18 Павлович К. В. Місцеве лікування гнійних ран і трофічних виразок сорбентом «Гентаксан» на фоні обтяженого загального стану хворих / К. В. Павлович // Харківська хірургічна школа. 2010. № 4. С. 31–35.

19 Приступок, М. О.; Безродний, Б. Г. Удосконалення хірургічної техніки ампутації пальців та лікування хворих із синдромом діабетичної стопи. Міжнародний ендокринологічний журнал, 2015, 8: 113–117.



антибактеріальних препаратів. Забір ранового ексудату виконували під час перевязки, до обробки рани антисептиками, стерильним ватним тампоном на паличці із країв і дна виразки із переміщенням узятого матеріалу в стерильну пробірку. У бактеріологічній лабораторії проводився посів матеріалу безпосередньо у чашки Петрі з підготовленими живильними середовищами петлею методом штриха. З появою росту оцінювалася морфологія колоній. У випадку виявлення колоній різної морфології підраховували число колоній кожного виду мікроорганізмів з виділенням провідного виду в асоціації.

Ідентифікацію бактерій проводили за загальноприйнятими методиками, що дозволило диференціювати видові і родові таксони стафілококів, ентеробактерій, стрептококів, синегнійної палички та інших з використанням специфічних видових діагностичних тестів.

Чутливість до антибіотиків визначали методом дифузії в агарі з використанням стандартних паперових дисків, що містять одну концентрацію антибіотика. Оцінку результатів проводили шляхом вимірювання діаметру зони затримки росту мікроорганізмів навколо диска за дифузійним методом за Бауер-Кірбі, згідно з наказом МОЗ № 167 від 05.04.2007 р.<sup>20</sup>. Визначали чутливість до наступних антибактеріальних препаратів: ампіциліну, амоксициліну, цефазоліну, цефотаксиму, гентаміцину, амикацину, цефтріаксону, карбеніциліну, ципрофлоксацину, гатіфлоксацину та інших.

Рентгенографія стоп в двох проекціях була обов'язковою для всіх хворих на СДС і виконувалась для дослідження кісток стопи з можливістю візуалізації вогнищ деструкції, патологічних переломів, ознак остеомієліту і остеолізу, трансформації зв'язкового-суглобового апарату стопи за типом стопи Шарко і для контролю процесу лікування.

Всім хворим були виконані хірургічні втручання в залежності від встановленого діагнозу з обов'язковою іммобілізацією стопи. Перев'язки проводили щоденно лікарськими засобами, в залежності від груп дослідження.

Всім хворим проведено хірургічне лікування з обов'язковим призначенням простого інсуліну для ефективною корекції вуглеводного обміну. Важливим в комплексному лікуванні СДС є раціональна антибіотикотерапія з дотриманням де-ескалаційного принципу антибіотикотерапії. Хворим призначали метаболічну терапію, антикоагулянтну, ангіотропну, вітамінотерапію, знеболюючу та протизапальну терапію.

20 Наказ МОЗ України № 167 від 05.04.2007 р. про затвердження методичних вказівок «Визначення чутливості мікроорганізмів до антибактеріальних препаратів» // *Новости медицины и фармации.* – 2008. № 236. С. 2–4.



**Динаміка ранового процесу  
у групах клінічного дослідження.**

Група хворих	Клінічні показники				
	Купірування больового синдрому (доба)	Нормалізація температури тіла (доба)	Очищення рани (доба)	Поява грануляцій (доба)	Крайова епітелізація (доба)
IA	2,7±0,18	4,5±0,18	4,3±0,15	4,6±0,14	6,1±0,25
IB	4,5±0,17	5,4±0,17	5,6±0,17	5,3±0,15	7,3±0,15
IIA	5,6±0,23	6,9±0,21	7,9±0,18	8,4±0,23	9,9±0,23
IIIB	6,4±0,27	7,3±0,23	8,4±0,21	8,7±0,25	10,4±0,26
	p < 0,05	p < 0,05	p < 0,05	p < 0,05	p < 0,05

В табл. 2 представлена порівняльна характеристика клінічних даних в залежності від місцевого лікування ран при СДС.

Одним з важливих проявів СДС є наявність больового синдрому, купірування больового синдрому відбулось в IA групі (основній) в порівнянні з IIA групою (порівняння) 2,1 разів швидше, з IIIB групою (порівняння) в 2,4 разів відповідно. В IB групі (основній) в порівнянні з IIA групою (порівняння) 1,2 разів швидше, з IIIB групою (порівняння) в 1,4 разів відповідно.

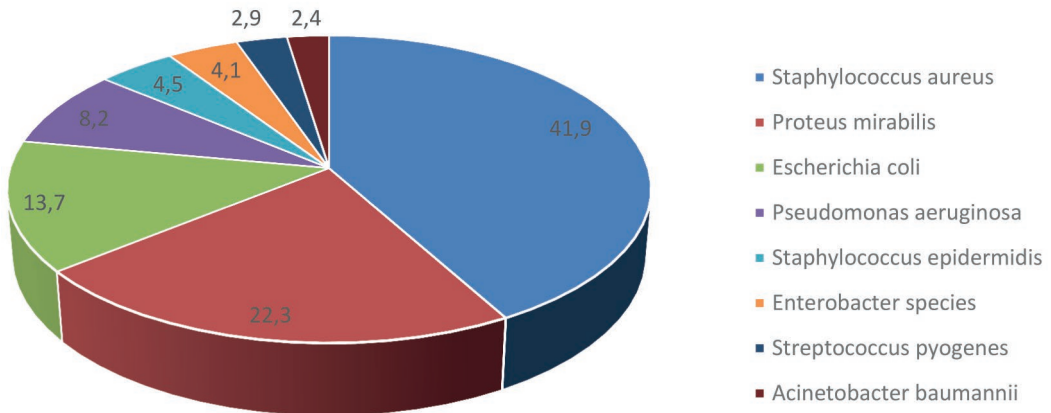
Для визначення ефективності проведеного лікування важливим показником є очищення рани від некротичних тканин яке в IA групі в порівнянні з IIA групою відбулося в 1,8 разів швидше, а з IIIB групою в 1,95 разів відповідно. В IB групі в порівнянні з IIA групою відбулося в 1,4 разів швидше, а з IIIB групою в 1,5 разів відповідно.

Загоєння рани починається з появи грануляційної тканини, що є об'єктивним критерієм ефективності лікування. В IA групі поява грануляційної тканини відбулась на 4,6±0,14 добу, тоді як в групах порівняння (IIA, IIIB) поява грануляцій відмічалась в 1,8 та 1,9 разів пізніше. А в IB групі поява грануляційної тканини відбулась на 5,3±0,15 добу, тоді як в групах порівняння (IIA, IIIB) поява грануляцій відмічалась в 1,6 разів пізніше.

Також важливим показником протікання ранового процесу є поява крайової епітелізації, що свідчить про початок загоєння рани. В IA групі поява епітелізації була відмічена на 6,1±0,25 добу, що в порівнянні з IIA групою швидше в 1,6 рази, а з IIIB групою швидше в 1,7 рази. В IB групі поява епітелізації була відмічена на 7,3±0,15 добу, що в порівнянні з IIA групою швидше в 1,4 рази, а з IIIB групою швидше в 1,7 рази.

Рановий процес в усіх хворих перебігав з усіма ознаками кожної фази, але з різною їхньою тривалістю. Найпоказовішою була фаза гідратації, яка значно довше тривала у хворих із масивними гнійними процесами.

Нами були проаналізовані результати мікробіологічних досліджень з ран у хворих на СДС та виявлені основні збудники хірургічної інфекції: *Staphylococcus aureus* – 41,9%, *Proteus mirabilis* – 22,3%, *Escherichia coli* – 13,7%, *Pseudomonas aeruginosa* – 8,2%, *Staphylococcus epidermidis* – 4,5%, *Enterobacter species* – 4,1%, *Streptococcus pyogenes* – 2,9%, *Acinetobacter baumannii* – 2,4%, які виявились високочутливими до фторхінолонів.



### Висновки:

1. Синдром діабетичної стопи є розповсюдженим хірургічним захворюванням і в структурі хірургічної патології складає 12,5%.
2. Домінуючим збудником хірургічної інфекції при синдромі діабетичної стопи є *Staphylococcus aureus*.
3. Важливими клінічними показниками протікання ранового процесу при синдромі діабетичної стопи після хірургічного втручання є больовий синдром, температурна реакція, очищення рани, поява грануляцій та крайової епітелізації. При порівнянні вказаних параметрів з традиційними препаратами (групи IIA, IIB) найкращий результат отримано в основній IA групі де лікування проводилось аплікаційним сорбентом нового покоління в поєднанні з застосуванням екзогенного оксиду азоту.
4. Важливим критерієм загоєння рани є крайова епітелізація, застосування препарату «Орнідасил» в порівнянні з традиційним лікуванням дозволяє пришвидшити цей процес від 1,4 до 1,7 разів ( $p < 0,05$ ) при застосуванні екзогенного NO.

5. Вивчення інфрачервоних спектрів нанокompatитного препарату (аплікаційного сорбенту) в склад якого входить високодисперсний пірогенний кремнезем (аеросил) з іммобілізованим на його поверхні орнідазолом, підтверджує наявність орнідазолу в препараті який знаходиться в незміненому стані, відсутність смуги поглинання вільних силанолів аеросилу при  $3750\text{ см}^{-1}$ , свідчить, що в запропонованій нанокompatиції (аплікаційному сорбенті), нові сполуки не створюються.
6. Орнідазол знаходиться на поверхні нанокремнезему в хімічно незміненому стані і зв'язаний з силанольними групами поверхні слабкими водневими зв'язками, що дозволяє йому поступово вивільнятися в рановий ескудат, виявляючи потужну бактерицидну дію.
7. Комплексна синергічна дія наноадсорбента, який адсорбує токсиканти ранового ескудату і сповільнює рух бактерій, разом з пролонгованою бактерицидною дією орнідазолу, сприяє пришвидшеному виліковуванню діабетичних ран у порівнянні з традиційними методами лікування.
8. Застосування екзогенного оксиду азоту (нітроген монооксид – NO) дозволяє пришвидшити процес загоювання діабетичних ран.

DOI: 10.51587/9781-7364-13302-2021-004-61-71