

Науковий вісник Львівського національного університету
ветеринарної медицини та біотехнологій імені С.З. Гжицького.

Серія: Ветеринарні науки

Scientific Messenger of Lviv National University
of Veterinary Medicine and Biotechnologies.

Series: Veterinary sciences

ISSN 2518–7554 print

ISSN 2518–1327 online

doi: 10.32718/nvlvet10407

<https://nvlvet.com.ua/index.php/journal>

UDC 616-001.41: 615.468.72

Treatment of postoperative wounds using pectin-based reinforced dressings and their antimicrobial activity

V. Vlizlo¹, A. Mysak¹, V. Stybel¹, R. Voloshyn¹, Yu. Leno¹, N. Kuz'mina², M. Kozak², Yu. Bodnar²,
I. Petpuh², D. Ostapiv², I. Dron³, V. Samaryk³, N. Bukartyk³, N. Nosova³, S. Varvarenko³

¹Stepan Gzhytskyi National University of Veterinary Medicine and Biotechnologies Lviv, Lviv, Ukraine

²Institute of Animal Biology, NAAS of Ukraine, Lviv, Ukraine

³Lviv Polytechnic National University, Lviv, Ukraine

Article info

Received 17.09.2021

Received in revised form

18.10.2021

Accepted 19.10.2021

Stepan Gzhytskyi National
University of Veterinary Medicine
and Biotechnologies Lviv,
Pekarska Str., 50, Lviv,
79010, Ukraine.

Institute of Animal Biology,
Naas of Ukraine Lviv,
V. Stusa Str., 38, Lviv,
79034, Ukraine.
Tel.: +380-32-260-07-95
E-mail: inenbiol@mail.lviv.ua

Lviv Polytechnic National
University, Bandera street, 12,
Lviv, 79013, Ukraine.
Tel.: +380-32-258-21-11
E-mail: office@lpnu.ua

Vlizlo, V., Mysak, A., Stybel, V., Voloshyn, R., Leno, Yu., Kuz'mina, N., Kozak, M., Bodnar, Yu., Petpuh, I., Ostapiv, D., Dron, I., Samaryk, V., Bukartyk, N., Nosova, N., & Varvarenko, S. (2021). Treatment of postoperative wounds using pectin-based reinforced dressings and their antimicrobial activity. Scientific Messenger of Lviv National University of Veterinary Medicine and Biotechnologies. Series: Veterinary sciences, 23(104), 41–46. doi: 10.32718/nvlvet10407

A reinforced pectin-based dressing with a reinforcing element containing the antimicrobial agent chlorhexidine bigluconate has been developed. In vitro studies have shown that the hydrogel pectin dressing containing 0.03 ÷ 1.5 % chlorhexidine bigluconate inhibits the growth of both gram-positive (*S. aureus*) and gram-negative (*P. aeruginosa*) bacteria. The dressing can be used in the complex treatment of postoperative wounds with infectious-inflammatory process. The efficacy of different doses of chlorhexidine bigluconate was characterized by growth inhibition and increase of microorganism-free areas on the culture medium around the site of dressing localization, and regardless of the type of bacteria. Bacterial growth inhibition radius size depends on the dose of chlorhexidine in the hydrogel pectin dressing. The inhibition of growth of *S. aureus* and *P. aeruginosa* is directly proportional to chlorhexidine bigluconate content. The increase of dressing saturation with chlorhexidine to 1.0 and 1.5 % recorded the maximum inhibition of the growth of microorganisms. A veterinary clinical trial has shown a good therapeutic effect in the wound healing, in particular in the complex treatment of postoperative and accidental wounds both in the presence of infectious-inflammatory process and in its absence. The reinforced pectin-based dressing with cotton (or polypropylene) reinforcement element containing chlorhexidine bigluconate reduces the cost of dressings and bandaging frequency during wound healing. It protects the wound surface from contamination, mechanical irritation, bacterial contamination and the development of secondary infection. The dressing promotes good water, air and heat exchange between the wound and the environment, adsorbs excess exudate, maintains a moist environment and does not cause hyperosmotic damage and drying of the wound. Surgical wound healing occurred under the initial tension for 7 days. Considering the method of its application, this dressing is suitable for use on different parts of the animal's body (neck, withers, chest and abdomen, lower back, buttocks, thighs, shoulders, etc.).

Key words: postoperative wounds, dressings, hydrogel, antimicrobial activity, chlorhexidine.

Терапія післяопераційних ран армованими пов'язками на основі пектину та їх протимікробна дія

В. Влізло¹, А. Мисак¹, В. Стибель¹, Р. Волошин¹, Ю. Леню¹, Н. Кузьміна², М. Козак², Ю. Боднар²,
І. Петрух², Д. Остапів², І. Дронь³, В. Самарик³, Н. Букартик³, Н. Носова³, С. Варваренко³

¹Львівський національний університет ветеринарної медицини та біотехнологій імені С. З. Гжицького, м. Львів, Україна

²Інститут біології тварин НААН, м. Львів, Україна³Національний університет “Львівська політехніка”, м. Львів, Україна

Розроблено армовану пов'язку на основі пектину з елементом армування, що містить антимікробний засіб хлоргексидин біглюконат. Проведені дослідження *in vitro* показали, що гідрогелева пектинова пов'язка з вмістом $0,03 \pm 1,5$ % хлоргексидину біглюконату пригнічує ріст як грампозитивних (*S. aureus*), так і грамнегативних (*P. aeruginosa*) бактерій. Завдяки цьому пов'язка може бути використана і за комплексного лікування післяопераційних ран з інфекційно-запальним процесом. Ефективність дії різних доз хлоргексидину біглюконату характеризувалася пригніченням росту та збільшенням вільного від мікроорганізмів зон середовища культивування навколо місця локалізації пов'язки з діючою речовиною, незалежно від виду бактерій. Однак величина діаметру зони пригнічення росту бактерій залежить від дози хлоргексидину в гідрогелевій пектиновій пов'язці. За пропорційного підвищення вмісту хлоргексидину біглюконату інгібування росту *S. aureus* і *P. aeruginosa* посилюється. Так, коли збільшували насичення пов'язки хлоргексидином до 1,0 і 1,5 %, реєстрували максимальне інгібування росту мікроорганізмів. Клінічне дослідження показало добрий лікувальний ефект у ветеринарній практиці за терапії ран, зокрема за комплексного лікування післяопераційних і випадкових ран як за наявності інфекційно-запального процесу, так і за його відсутності. Застосування армованої пов'язки на основі пектину з бавовняним (чи поліпропіленовим) елементом армування з вмістом хлоргексидину біглюконату скорочує витрати перев'язувального матеріалу і частоту перев'язок впродовж часу загоєння ран. Вона забезпечує захист ранової поверхні від забруднення, механічного подразнення, бактеріальної контамінації та розвитку вторинної інфекції. Пов'язка сприяє доброму водо-, повітря- та теплообміну між ранною та зовнішнім середовищем, адсорбує надлишок ексудату, підтримує вологе середовище і не викликає гіперосмотичного ушкодження й висихання рани. Загоєння післяопераційної рани відбулося за первинним натягом впродовж 7 діб. Зважаючи на спосіб накладання, дана пов'язка може бути придатна для застосування у різних ділянках тіла тварини (шиї, холки, грудної й червоної стінок, попереку, крижів, стегна, плеча тощо).

Ключові слова: післяопераційні рани, пов'язки, гідрогель, протимікробна дія, хлоргексидин.

Вступ

Для швидкого проходження етапів загоєння ран важливим є використання ефективних пов'язок. Основна функція накладеної пов'язки – це адсорбція ранового ексудату, ізоляція рани від навколишнього середовища, забезпечення на місці ранового середовища сприятливого мікроклімату з доступом Оксигену, підтриманням необхідної вологості, рН та інше (Abayev, 2006).

Серед пов'язок найбільш поширений перев'язувальний матеріал, який використовується в хірургії, є марля. Марля виготовлена з натуральної бавовняної тканини, яка здатна поглинати в 10 разів більший об'єм рідини, ніж власна вага та характеризується помірною дренажною функцією і дешевизною виробництва (Blednov, 2006). Крім марлевих пов'язок, як перев'язувальний матеріал використовують плівки, гідрогелі, гідрокооллоїди, піни, альгірати. Плівки, гідрогелі та гідрокооллоїди належать до типу перев'язувального матеріалу, який створює і підтримує оптимальний рівень вологості в рановій порожнині (Li et al., 2020). Своєю чергою дія пінів і альгіратів ґрунтується на абсорбції надлишку вологи (Andreyev et al., 2009; Anghel, 2012). Проте вказані пов'язки мають низку недоліків. Зокрема, у марлевих пов'язок відсутня селективність, вони мають високу адгезивність, низькі поглинальні властивості вже через 8–12 годин після накладання. Такі пов'язки нерідко прилипають до рани і залишають в ній волокна, що призводить до вторинного забруднення і травмування рани, болісної процедури зняття з рани, що спричиняє тривалий період лікування (Shablovskaya & Panchenkov, 2013).

Застосування пов'язок з плівок веде до активування інфекційного запального процесу в рані, а якщо на поверхні рани накопичується серозний ексудат, то виникають мацерації шкіри ураженої ділянки (Jones et al., 2006).

Використання гідрогелів і гідрокооллоїдів на ранову поверхню не забезпечує тривалої всмоктувальної здатності ексудату. При насиченні їх ексудатом вони піддаються сильній деформації та потребують швидкої заміни (Caló & Khutoryanskiy, 2015). Водночас застосування піни веде лише до надмірного підсушування верхнього шару шкіри та країв рани (Yamane et al., 2013).

Для гуманної та ветеринарної медицини в Україні та світі розробляються гідрогелеві пов'язки (Cheng et al., 2017). В останні роки було розроблено способи накладання антисептичних гідрогелевих пов'язок з гелеутворюючих полімерів високоестерифікованого пектину (ступінь естерифікації – 81,5 %) та альгірату натрію, що дозволяє використовувати їх для лікування ран з середнім та високим виділенням ексудату. За тісного контакту даної пов'язки з поверхнею рани гель ефективно поглинає бактерії, що значно зменшує кількість мікроорганізмів в рані та перешкоджає вторинному її інфікуванню (Dron' et al., 2020). Вказаний тип пов'язки ефективний за лікування виразок та інфікованих ран (Abayev, 2006). При цьому вони мають гелеподібну консистенцію, завдяки чому створюється ефект вологого середовища, що перешкоджає висиханню рани і, як наслідок, формується мікроклімат, сприятливий для росту грануляційної тканини. Крім цього, завдяки гелю такі пов'язки не приклеюються до рани і тому не спричиняють болю та дискомфорту за перев'язки. Однак за використання пов'язок на основі високоестерифікованого пектину та альгірату натрію часто трапляється їх набрякання на рані, тому необхідна додаткова фіксація поверхні іншим перев'язувальним матеріалом, зокрема марлею (Caló & Khutoryanskiy, 2015). Це ускладнює роботу лікаря та веде до збільшення часу перебування пов'язки на рані. Тому у фазі запалення, коли необхідно очистити рану, залежно від ступеня інтенсивності ексудації, інколи необхідно за добу один-два рази змінювати пов'язки (Blednov, 2006). Тому ці пов'язки потребують удосконалення для поліпшення лікувального

ефекту. Як було виявлено у попередніх дослідженнях, гідрогелева пов'язка на основі пектину з бавовняним чи поліпропіленовим елементом армування та вмістом хлоргексидину біглюконату є ефективною за лікування ран (Nosova et al., 2021; Mysak et al., 2021; Ostapiv et al., 2021).

Метою роботи було розробити та апробувати у клінічній ветеринарній медицині для терапії післяопераційних ран у великої рогатої худоби армовану гідрогелеву пектинову пов'язку з поліпропіленовими елементами армування та вивчити антимікробну дію хлоргексидину біглюконату, яким насичують пов'язку в умовах пролонгованого дифузійного вивільнення його з об'єму пов'язки.

Матеріал і методи досліджень

Гідрогелеву основу пов'язки виготовляли за методикою, описаною в роботі (Dron' et al., 2020). Для одержання гідрогелів на основі пектину та альгінату змішували 15÷20 грам 4–10 % дисперсії пектину, 5÷10 грам 3,5 % дисперсії альгінату натрію, додавали необхідну кількість пластифікаторів (співвідношення ППГ 2000 : ПЕГ 4500 як 3:1). Одержану суміш ретельно перемішували, завантажували у форми, поміщали у 100–200 мл 0,2–1 % розчину хлориду кальцію та витримували 10–20 годин. Гідрогелі виймали з форми, промивали водою, зберігали за температури 5 °С. Для можливості використання описаних гідрогелів як антисептичних пов'язок для ветеринарії їх насичували визначеною кількістю хлоргексидину біглюконату, попереднім набряканням в контрольованій кількості його 10 % водного розчину. Крім того, при формуванні гідрогелю в його об'єм вводили елемент армування у вигляді поліпропіленової сітки, поверхня якої була модифікована за методикою, описаною в роботі (Nosova et al., 2020). Модифікація поверхні поліпропіленової сітки забезпечує її ковалентне зв'язування з гелеутворюючим полімером, що надає виробу необхідних фізико-механічних властивостей.

Для вивчення впливу гідрогелевої пектинової пов'язки з хлоргексидином біглюконатом на інтенсивність росту бактерій було використано музейні штами *S. aureus* та *P. aeruginosa*. Для приготування іно-

куляту у пробірку з 10 мл поживного середовища (4 % глюкози і 1 % м'ясо-пептонного бульйону; поживний бульйон; ТОВ “Фармреактив”) петлею переносили *S. aureus* та *P. aeruginosa* та інкубували впродовж 24 год за температури 30 ± 2 °С.

Для культивування готували середовище з 1 % м'ясо-пептонного агару (МПА) з 4 % глюкозою, яке розливали в чашки Петрі (приблизно 20 мл на чашку) і формували нижній шар середовища, неінокульованого тест-мікрорганізмом. Для формування верхнього шару середовища, інокульованого тест-мікрорганізмом (інокулят), у 100 мл поживного середовища додавали 10 мл суспензії тест-мікрорганізму, перемішували і розливали по 5 мл поверх нижнього шару після його застигання (температура середовища не перевищувала 40–45 °С).

Для виявлення впливу армованої гідрогелевої пектинової пов'язки з хлоргексидином біглюконатом готували зразки пов'язок з вмістом: 0,030, 0,050, 0,075, 0,10, 0,40, 1,00 і 1,50 % хлоргексидину біглюконату. З виготовлених зразків вирізали диски ($d = 1$ см), які ділили на дві рівні частини: одну вносили в чашки Петрі для культивування з культурою *S. aureus*, іншу – з *P. aeruginosa*. Культивували зразки впродовж 168 год за температури 30 ± 2 °С.

Підтвердження ефективності антисептичної пов'язки за лікування післяопераційних ран визначали шляхом накладання на поверхню рани армованої пов'язки на основі пектину з поліпропіленовим елементом армування з вмістом хлоргексидину біглюконату (0,4 ÷ 1,5 %).

Пов'язку застосовували на післяопераційну рану в ділянці черевної стінки великої рогатої худоби після проведення лапаротомії. Результати загоєння лапаротомної рани фіксували впродовж 7 діб, щодобово.

Результати та їх обговорення

Проведені нами дослідження *in vitro* показали, що гідрогелева пектинова пов'язка з вмістом 0,03÷1,5 % хлоргексидину біглюконату гальмує ріст як грампозитивних (*S. aureus*), так і грамнегативних (*P. aeruginosa*) бактерій (табл.).

Таблиця

Гальмування росту мікроорганізмів за дії гідрогелевої пектинової пов'язки з хлоргексидином біглюконатом, см ($n = 4$; $M \pm m$)

Концентрація хлоргексидину в гелі, %	Величина радіусу гальмування росту, см	
	<i>S.aureus</i>	<i>P.aeruginosa</i>
1,50	1,12 ± 0,05	1,13 ± 0,03
1,00	1,06 ± 0,05	1,05 ± 0,02
0,40	0,92 ± 0,01	0,90 ± 0,01
0,10	0,85 ± 0,01	0,86 ± 0,01
0,075	0,83 ± 0,01	0,83 ± 0,01
0,050	0,78 ± 0,01	0,79 ± 0,01
0,030	0,76 ± 0,00	0,77 ± 0,01
кореляційне відношення (η^2)	0,859	0,936
сила впливу (F)	21,395	51,571

При цьому, незалежно від виду бактерій, зона пригнічення росту не відрізнялася. Так, за мінімальної дози хлоргексидину в гелі (0,030 %) зона пригнічення росту становила 0,76–0,77 см, за 0,4 % – 0,90–0,92 см, а за максимальної дози (1,5 %) – 1,12–1,13 см. Аналіз залежності величин зони пригнічення росту бактерій від дози діючої речовини свідчить, що за пропорційного підвищення вмісту хлоргексидину в пов'язці інгібування росту є сильним: для *P.aeruginosa* – $\eta^2 = 0,936$ і *S. aureus* – $\eta^2 = 0,859$.

Аналіз динаміки величин значень зон інгібування росту бактерій свідчить, що 0,4 % концентрація хлоргексидину в гідрогелевій пектиновій пов'язці веде впродовж 48 год до максимального діаметру зони пригнічення росту (0,77–0,94 см), а через наступних 24 год (на 72 год) спостерігається зменшення ще на 0,002–0,029 см (рис. 1–4).

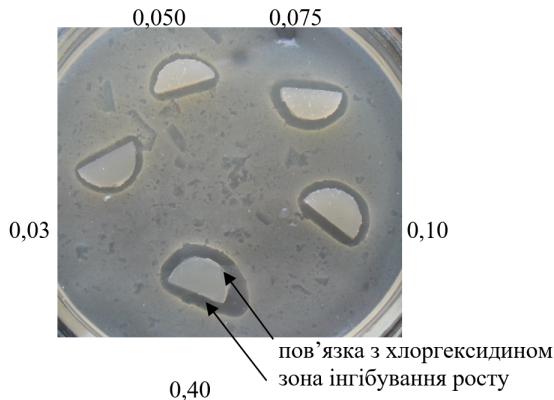


Рис. 1. Пригнічення росту *S.aureus* за впливу 0,030 – 0,40 % хлоргексидину в пов'язці через 72 год

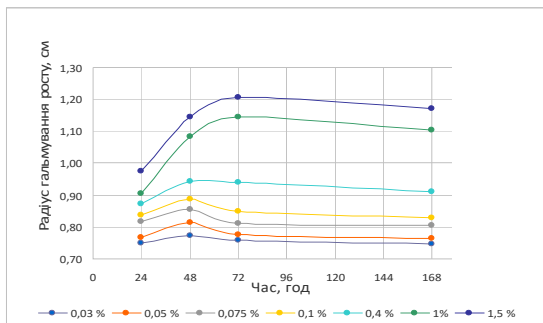


Рис. 2. Динаміка пригнічення росту *S.aureus* за впливу хлоргексидину в пов'язці протягом 168 год

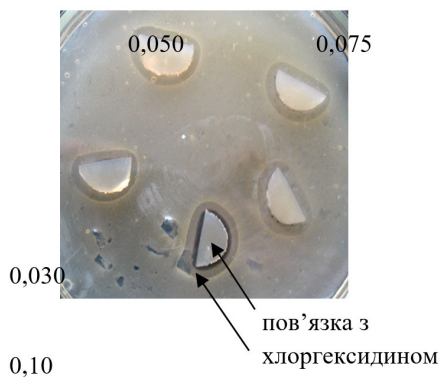


Рис. 3. Пригнічення росту *P. aeruginosa* за впливу 0,030 – 0,40 % хлоргексидину в пов'язці через 72 год

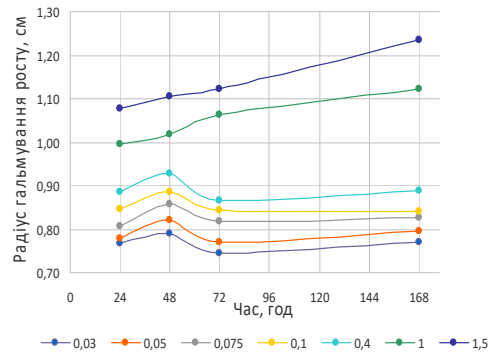


Рис. 4. Динаміка пригнічення росту *P. aeruginosa* за впливу хлоргексидину в пов'язці протягом 168 год

Подовження часу культивування понад 72 год не змінювало величини діаметру зони пригнічення росту бактерій за вказаних концентрацій хлоргексидину в пов'язці. Збільшення дози до 1,0 і 1,5 % діючої речовини в складі гелю також призводить до гальмування росту бактерій. Однак максимальна величина значення діаметру інгібування росту (1,06–1,21 см) встановлена також через 72 год культивування. Подовження терміну культивування (понад 72 год) у зразках *S. aureus* проявлялося тенденцією до зменшення (на 0,03 – 0,04 см) діаметру зони інгібування росту. Проте за вказаних умов пригнічення росту *P. aeruginosa* було максимальним (1,12–1,25 см) за 168 год культивування.

Отже, у складі гідрогелевої пектинової пов'язки хлоргексидин біглюконат ефективно гальмує ріст бактерій. При цьому збільшується діаметр зони пригнічення росту бактерій, що залежить від дози доданого хлоргексидину біглюконату в гідрогелеву пектинову пов'язку. Крім цього, незалежно від виду бактерій, ефективність дії кожної дози хлоргексидину біглюконату є подібною і характеризується гальмуванням росту та збільшенням вільного від мікроорганізмів зон середовища культивування навколо місця локалізації пов'язки з діючою речовиною. За високого вмісту діючої речовини (1,0 і 1,5 %) проявляється максимально ефективно інгібування росту – незалежно від виду мікроорганізмів.



Рис. 5. Рана в ділянці черевної стінки великої рогатої худоби після проведення лапаротомії

Після проведення операційного втручання (рис. 5) у ділянці голодної ямки (лапаротомії) було накладено пов'язку, яку закріплювали на поверхні рани частиною ниток, після зашивання шкірної рани наглухо вузловим швом та зав'язування вузлів.

Після цього частину ниток обрізали, а тими, що залишилися (кількість їх залежала від довжини рани), закріплювали пов'язку на поверхні рани (рис. 6).



Рис. 6. Армowana пов'язка на основі пектину з поліпропіленовим елементом армування з вмістом хлоргексидину біглюконату на післяопераційній рані в ділянці черевної стінки великої рогатої худоби після проведення лапаротомії

Контроль за рановою поверхнею показав позитивний результат використання армованої пов'язки на основі пектину уже протягом перших днів після лапаротомії. При цьому виявлено, що впродовж періоду загоєння рани пов'язка добре утримувалася на тілі тварин. Водночас пов'язка не схильна до фрагментації в рані при поглинанні нею ексудату. Вона зберігала цілісність, добре видалялася з рани під час перев'язок, мала високі межі міцності, що сприяло доброму захисту від механічних впливів на ранову поверхню (рис. 7). Армowana пов'язка на основі пектину з вмістом хлоргексидину ізолювала ранову поверхню від механічного подразнення і бактеріального забруднення, забезпечувала водо-, повітря- і теплообмін між ранною та зовнішнім середовищем, адсорбувала надлишок ексудату, підтримувала вологе середовище і не викликала гіперосмотичного ушкодження й висихання рани, що стимулювало процес регенерації. У тварин, в яких рани були інфікованими, встановлено інгібування росту мікроорганізмів.

Загоювання післяопераційної неінфікованої рани відбувається за первинним натягом впродовж 7 діб без утворення рубцевої тканини (рис. 8).

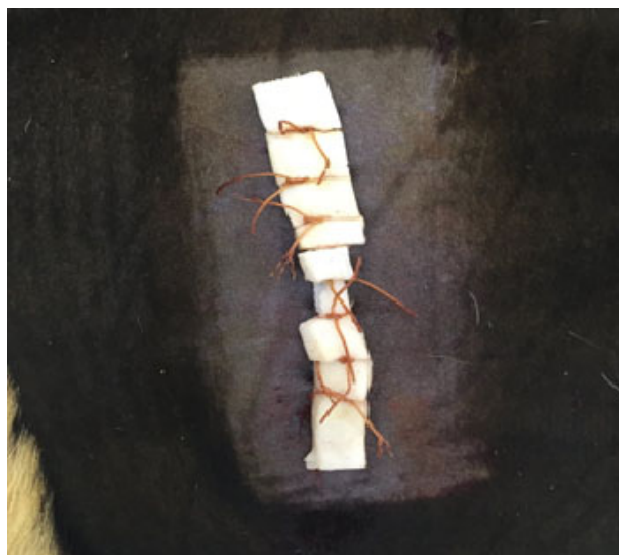


Рис 7. Армowana пов'язка на основі пектину з поліпропіленовим елементом армування з вмістом хлоргексидину біглюконату на післяопераційній рані в ділянці черевної стінки великої рогатої худоби через 4 доби після проведення лапаротомії



Рис. 8. Післяопераційна ділянка черевної стінки великої рогатої худоби після проведення лапаротомії через 7 діб

Висновки

1. Результатами клініко-експериментальних досліджень доведено терапевтичну ефективність та практичну доцільність застосування армованої пов'язки на основі пектину з бавовняним (чи поліпропіленовим) елементом, насиченої антимікробним засобом – хлоргексидином біглюконатом для санації лапаротомних ран у великої рогатої худоби.

2. Гідрогелева пектинова пов'язка з вмістом 0,03÷1,5 % хлоргексидину біглюконату пригнічує ріст як грампозитивних (*S. aureus*), так і грамнегативних (*P. aeruginosa*) бактерій та профілакує розвиток інфекційно-запального процесу в післяопераційній рані.

3. Застосування армованої пов'язки на основі пектину з бавовняним (чи поліпропіленовим) елементом армування з вмістом хлоргексидину біглюконату скорочує витрати перев'язувального матеріалу і частоту перев'язок впродовж часу загоєння ран, створює

достатній захист ранової поверхні від забруднення, механічного подразнення, бактеріальної контамінації та розвитку вторинної інфекції та забезпечує атравматичність і безболісність перев'язок.

4. Пов'язка сприяє доброму водо-, повітря- та теплообміну між раною і зовнішнім середовищем, адсорбує надлишок ексудату, підтримує вологе середовище і не викликає гіперосмотичного ушкодження й висихання рани, що відповідно поліпшує здатність травмованих тканин до регенерації.

Перспективи подальших досліджень. Буде продовжено дослідження армованої пов'язки на основі пектину з поліпропіленовим елементом із вмістом хлоргексидину біглюконату на ранових поверхнях ший, холки, грудної й черевної стінок, попереку, крижів, стегна, плеча великої рогатої худоби. Подальші дослідження будуть стосуватися особливостей використання армованих пектинових пов'язок на поліпропіленовій основі із вмістом хлоргексидину біглюконату для інших видів тварин.

Відомості про конфлікт інтересів

Автори стверджують про відсутність конфлікту інтересів.

References

- Abayev Y. K. (2006). Spravochnik khirurga. (Rany i ranevaya infektsiya). Feniks, Rostov-na-Donu (in Russian).
- Andreyev, D. Y., Paramonov, B. A., & Mukhtarova A. M. (2009). Sovremennyye ranevyue pokrytiya. Vestnik khirurgii, 1689(3), 98–101 (in Russian).
- Anghel, I. (2012). Modified wound dressing with phytonanostructured coating to prevent staphylococcal and pseudomonal biofilm development. *Nanoscale Research Letters*, 7, 690. doi: 10.1186/1556-276X-7-690.
- Blednov, A. V. (2006). Perspektivnyye napravleniya v razrabotke novykh perev'yazochnykh sredstv. *Novosti khirurgii*, 1, 9–19 (in Russian).
- Caló, E., & Khutoryanskiy, V. (2015). Biomedical applications of hydrogels: A review of patents and commercial products. *European Polymer Journal*, 65, 252–267. doi: 10.1016/j.eurpolymj.2014.11.024.
- Cheng, C., Zhang, X., Meng, Y., Zhang, Z., Chen, J., & Zhang, Q. (2017). Multiresponsive and biocompatible self-healing hydrogel: its facile synthesis in water, characterization and properties. *Soft Matter*, 13, 3003–3012. doi: 10.1039/C7SM00350A.
- Dron', I. A., Nosova, N. H., Yakoviv, M. V., Bukartyk, M. M., Stasyuk, A. V., Varvarenko, S. M., Bordenyuk, O. Y., Maykovych, O. V., Fihurka, N. V., Samaryk, V. Y., & Voronov, S. A. (2020). Sposib ot-rymannya antyseptychnoyi hidrohelevoyi pov'yazky. Patent. UA № 143783 U Byul. № 15 10.08.2020 (in Ukrainian).
- Dron', I. A., Stasyuk, A. V., Bukartyk, M. M., Luhova, Y. R., & Samaryk V. Y. (2020). Formuvannya hidroheliv na osnovi pektynu z riznym stupenem esteryfikatsiyi. *Khimiya, tekhnolohiya rehovyn ta yikh zastosuvannya*, 3(1), 239–244. doi:10.23939/ctas2020.01.239 (in Ukrainian).
- Jones, V., Grey, J. E., & Harding, K. G. (2006). ABC of wound healing. *Wound dressings*. *BMJ*, 332, 777–780. doi: 10.1136/bmj.332.7544.777.
- Li, W., Wang, B., Zhang, M., Wu, Z., & Wei, J. (2020). All-natural injectable hydrogel with self-healing and antibacterial properties for wound dressing. *Cellulose*, 27, 2637–2650. doi: 10.1007/s10570-019-02942-8.
- Mysak, A., Ostapiv, D., Kuzmina, N., Kozak, M., Lukashchuk, B., Dron, I., Bukartyk, N., Bukartyk, M., & Vlizlo, V. (2021). Application of dressings based on pectin hydrogel plates for healing aseptic wounds. *Proceedings of the XX. Middle European Buiatric Congress*. Ptuj/Slovenia, 49.
- Mysak, A., Ostapiv, D., Dron', I., Bukartyk, N., Nosova, N., Varvarenko, S., Samaryk, V., & Vlizlo, V. (2021). Stvorennya i arobuвання hidrohelevykh pektynovykh pov'yazok dlya likuvannya ran u tvaryn. *IKH Mizhnarodna nauково-praktychna konferentsiya "Veterynarni preparaty: rozrobka, kontrol' yakosti ta zastosuvannya"*, L'viv (in Ukrainian).
- Nosova, N. H., Maykovych, O. V., Bordenyuk, O. Y., Yakoviv, M. V., & Varvarenko S. M. (2020). *Armuvannya al'hinat-zhelatynovoho hidroheliju funktsionalizovanyim polipropilenovym mikrovoloknom. Khimiya, tekhnolohiya rehovyn ta yikh zastosuvannya*, 3(1), 232–238. doi: 10.23939/ctas2020.01.232 (in Ukrainian).
- Nosova, N., Bukartyk, M., Dron, I., Bukartyk, N., Ostapiv, D., Vlizlo, V., Mysak, A., & Samaryk, V. (2021). Antiseptic hydrogel bandages for use in veterinary medicine. *First Ukrainian-Polish Scientific Forum AGROBIOPERSPECTIVES*, Lviv, Ukraine, 84 (in Ukrainian).
- Ostapiv, D., Mysak, A., Kozak, M., Bukartyk, N., Nosova, N., Varvarenko, S., Samaryk, V., Len'o, YU., Fedorovych, V., Rusyn, V., Chernushkin, B., & Vlizlo, V. (2021). Hidrohelevi pektynovi pov'yazky dlya likuvannya pislyaoperatsiynykh ran u velykoyi rohatoyi khudoby. II konferentsiya suchasni metody di-ahnostyky, likuvannya ta profilaktyka u veterynarniy medytsyni, prysvyachena 140-richchyu vidkryttya navchal'noho zakladu "Tsisars'ko-koroliv's'ka veterynarna shkola ta shkola pidkovuvannya koney razom iz klinikoyu-statsionarom dlya tvaryn u L'vovi". L'viv (in Ukrainian).
- Shablovskaya, T. A., & Panchenkov, D. N. (2013). Sovremennyye podkhody k kompleksnomu lecheniyu gnoyno-nekroticheskikh zabolevaniy myagkikh tkaney. *Vestnik eksperimental'noy i klinicheskoy khirurgii*, 4(4), 498–507 (in Russian).
- Yamane, T., Nakagami, G., & Yoshino, S. (2013). Hydrocellular Foam Dressing Promotes Wound Healing along with Increases in Hyaluronan Synthase 3 and PPAR α Gene Expression in Epidermis. *PLOS ONE*, 8(8), e73988. doi: 10.1371/journal.pone.0073988.