

УДК 636.082:615.849 – 006.6

DOI <https://doi.org/10.37406/2706-9052-2025-4.40>**Лішук С. Г.**

кандидатка сільськогосподарських наук,
доцентка кафедри нормальної та патологічної морфології і фізіології,
Заклад вищої освіти «Подільський державний університет»
Кам'янець-Подільський, Україна
E-mail: itomlin@ukr.net
ORCID: 0000-0002-6294-5259

Добровольський В. А.

магістр ветеринарної медицини,
асистент кафедри нормальної та патологічної морфології і фізіології,
Заклад вищої освіти «Подільський державний університет»
Кам'янець-Подільський, Україна
E-mail: Dobrovolsky.va@gmail.com
ORCID: 0000-0002-2678-5649

Ковальова О. М.

магістр ветеринарної медицини,
асистентка кафедри нормальної та патологічної морфології і фізіології,
Заклад вищої освіти «Подільський державний університет»
Кам'янець-Подільський, Україна
E-mail: frolova.vas4422@gmail.com
ORCID: 0009-0000-9131-9380

МОДЕЛЮВАННЯ ЕФЕКТІВ ІОНІЗУЮЧОГО ВИПРОМІНЮВАННЯ У ВЕТЕРИНАРНІЙ МЕДИЦИНІ: КЛІНІЧНЕ ЗАСТОСУВАННЯ РАДІОМІМЕТИКІВ ПРИ ПЛОСКОКЛІТИННІЙ КАРЦИНОМІ У СОБАКИ

Анотація

Радіоміметики є класом протипухлинних препаратів, які за механізмом дії імітують вплив іонізуючого випромінювання, спричиняючи розриви ДНК у клітинах. Завдяки цьому вони здатні забезпечити ефект, подібний до променевої терапії, проте без застосування дорогого обладнання, що робить їх особливо перспективними для ветеринарної онкології в умовах обмеженого доступу до радіотерапевтичних методів. Одним із найефективніших представників цієї групи є блеоміцин, який широко використовується у схемах електрохіміотерапії.

У статті наведено клінічний випадок плоскоклітинної карциноми високого ступеня диференціації (G1) у службової собаки віком 6 років, масою 30 кг. Новоутворення локалізувалося у міжлопатковій ділянці, характеризувалося щільною консистенцією, ділянками некрозу та серозно-гнійною ексудацією. Гістологічне дослідження показало наявність кератинових перлин і вогнищ ороговіння окремих клітин, що підтверджує діагноз плоскоклітинної карциноми високого ступеня диференціації (G1).

Пацієнту проведено хірургічну резекцію новоутворення з подальшим застосуванням електрохіміотерапії з блеоміцином у дозі 15 000 IU/м² внутрішньовенно з локальною електропорацією. Уже після першого сеансу відзначалося зменшення болю, зниження ексудації та часткове зменшення пухлинного осередку на 25–30%. Після другого сеансу спостерігалися стабілізація процесу, відновлення апетиту та покращення гематологічних показників, що свідчило про зменшення інтоксикації.

Таким чином, поєднання хірургічного втручання та електрохіміотерапії з блеоміцином довело свою ефективність у лікуванні плоскоклітинної карциноми у собак. Використання радіоміметиків забезпечує високу локальну результативність, добру переносимість пацієнтами та економічну доцільність, що підтверджує перспективність цього підходу для практичної ветеринарної онкології як альтернативи або доповнення до традиційної променевої терапії.

Ключові слова: радіоміметики, променева терапія, собака, плоскоклітинна карцинома.

Вступ. У сучасній ветеринарній онкології зростає актуальність пошуку ефективних альтернатив або доповнень до променевої терапії. Однією з перспективних груп препаратів є радіоміметики – хімічні сполуки, здатні індукувати ушкодження ДНК, подібні до тих, які створює іонізуюче випромінювання, зокрема подвійні розриви ланцюгів ДНК (double-strand breaks). Такий механізм дії дає змогу застосовувати радіоміметики як «вітиснювачі» або підсилювачі ефекту променевої терапії, особливо в тих випадках, коли доступ до апаратів опромінення обмежений [3].

Радіоміметики мають різні класи: глікопептиди (наприклад, блеоміцин), енедієни, антрахінони та інші з'єднання, що генерують радикали й створюють структурні пошкодження ДНК (що нагадують ефект радіації). Блеоміцин, зокрема, – один із найвивченіших представників глікопептидних радіоміметиків. Його дія часто порівнюється з дією іонізуючого випромінювання, оскільки він може індукувати множинні близько розташовані подвійні розриви ДНК, що призводять до хромосомних ушкоджень, якщо механізми репарації у клітині не справляються [7].

У клінічному контексті низка науковців застосовувала блеоміцин у поєднанні з іншими методами лікування, наприклад з електрохіміотерапією, коли поєднують введення препарату з місцевим імпульсним електричним полем, що підсилює проникнення молекули в клітину-мішень [5]. У ветеринарній практиці електрохіміотерапія з використанням блеоміцину або цисплатину зарекомендувала себе як ефективний метод лікування різних типів пухлин, особливо в ситуаціях, коли хірургічне втручання не дає змоги повністю видалити новоутворення або існують обмеження щодо застосування променевої терапії. У закордонних ветеринарних протоколах лікування наголошується, що для електрохіміотерапії слід використовувати лише перевірені цитотоксини, зокрема блеоміцин і цисплатин, щоб гарантувати ефект електропорації [10].

В експериментальних та клінічних дослідженнях було продемонстровано, що електрохіміотерапія з блеоміцином може забезпечити регресію пухлин, зменшення клітинної проліферації та контроль росту з мінімальною системною токсичністю [1]. Низка дослідників відзначила, що у собак зі шкірними плоскоклітинними карциномами електрохіміотерапія з блеоміцином призводить до зниження індексу проліферації Ki-67 та зменшення об'єму пухлини [6].

У дослідженнях комбінованого місцевого та системного застосування блеоміцину було продемонстровано добру переносимість препарату без виражених проявів токсичності, при цьому ефективність такого підходу порівнювали з результатами одноразового введення [8]. Окрім того, у дослідженнях *in vitro* було показано, що блеоміцин може індукувати клітинне старіння (*senescence*) та пригнічення експресії Rad51 – білка, важливого для гомологічної рекомбінації ДНК. А це, своєю чергою, збільшує ефект накопичення ушкоджень ДНК [5]. Цей ефект може бути корисним у комбінованому лікуванні пухлин із дефектними механізмами репарації ДНК.

У ветеринарній онкології дослідження, присвячені саме застосуванню блеоміцину в електрохіміотерапії, довели свою ефективність на низці пухлин м'яких тканин у собак. Наприклад, електрохіміотерапія з блеоміцином і цисплатином після неповного видалення пухлин м'яких тканин показала позитивні локальні відповіді та мінімальні побічні ефекти [9]. У науковому огляді інших авторів підкреслено, що блеоміцин та цисплатин – єдині підтверджені препарати для електрохіміотерапії, рекомендовані сучасними клінічними протоколами [10].

Плоскоклітинна карцинома є злоякісним новоутворенням, яке формується з епітеліальних клітин шкіри або слизових оболонок. Для цього типу пухлини характерні переважно локальний ріст, часте утворення виразок та розвиток запальних ускладнень [2]. Водночас частота її виникнення нижча порівняно з аденокарциномами молочних залоз. У звіті по 17-ти випадках подібних хвороб плоскоклітинна карцинома собак відзначалася «агресивністю», можливістю метастазування, поганими прогнозами за пізнього виявлення [4].

Таким чином, саме радіоміметики, особливо блеоміцин у складі електрохіміотерапії, являють собою перспективний підхід до лікування плоскоклітинної карциноми у собак, зокрема коли радіотерапія недоступна або ризик хірургічного втручання надто високий. Зважаючи на актуальність тематики, доречним і своєчасним є опис клінічного випадку лікування пухлини міжлопаткової ділянки із застосуванням радіоміметиків.

Мета роботи – представити детальний опис клінічного випадку плоскоклітинної карциноми (G1) міжлопаткової ділянки у собаки з урахуванням анамнестичних даних, результатів клінічного обстеження, лабораторних та гістологічних досліджень, а також оцінити можливості сучасних терапевтичних підходів. Особливу увагу зосереджено на аналізі доцільності застосування радіоміметиків, зокрема блеоміцину, у поєднанні з електропорацією як ефективної та економічно обґрунтованої альтернативи променевої терапії, що часто є недоступною у ветеринарній практиці України. Робота має на меті не лише підкреслити клінічні особливості перебігу пухлин у складних анатомічних ділянках, а й обґрунтувати перспективність використання радіоміметиків у ветеринарній онкології для підвищення якості життя та тривалості виживання хворих тварин.

Виклад основного матеріалу дослідження. Дослідження проводилися на кафедрі нормальної та патологічної морфології і фізіології факультету ветеринарної медицини і технологій у тваринництві Закладу вищої освіти «Подільський державний університет» та на базі приватної ветеринарної клініки «Vet Generation», м. Київ.

У дослідницькій апробації було проаналізовано анамнестичні дані та результати клінічного обстеження собаки з підозрою на пухлину шкіри у міжлопатковій ділянці. Під час дослідження враховували фізіологічні, клінічні та патоморфологічні параметри тварини. Для верифікації діагнозу проводили збір анамнезу зі слів власника, клінічний огляд, вимірювання температури тіла, оцінку фізіологічного стану тварини, а також лабораторні дослідження. Окрім стандартних методів діагностики, застосовували рентгенологічне обстеження для виключення віддалених метастазів та оцінки стану кісткової тканини. Додатково було проаналізовано ефективність терапевтичних підходів. Зважаючи на складність радикального хірургічного втручання у міжлопатковій зоні та обмеженість застосування променевої терапії у ветеринарній практиці України, проведено апробацію використання радіоміметиків, зокрема блеоміцину, у складі електрохіміотерапії.

Під час виявлення новоутворення було застосовано гістологічне дослідження біологічного матеріалу, що дало змогу встановити діагноз – плоскоклітинна карцинома (G1). Матеріалом гістологічного дослідження став біологічний матеріал, отриманий після ексцизії пухлини. Далі провели фіксацію зрізів органу товщиною 5 мкм у 10% формаліні, які потім були пофарбовані за загальноприйнятою методикою, забарвлення мазків проводилося гематоксилин-еозином. Заливка в ParaplastPlus®. Частину гістологічних зрізів отримано за допомогою заморожувального мікротому МЗ-2, частину – шляхом заливання до парафіну та нарізки на санному мікротомі МС. Зафарбовані зрізи було заключено у синтетичний бальзам. Для мікроскопічного дослідження застосовувався світловий мікроскоп Microscope: DM3000, Camera: FLEXACAM-C1-2721240065, Format: 2160p, 3840x2160.

Відбір зразків крові для гематологічних та біохімічних досліджень у собаки проводили шість разів (у день постановки діагнозу, у день оперативного втручання, на наступний день після операції та ще три рази з інтервалом у три дні) з метою відстеження динаміки показників у процесі лікування. Гематологічні дослідження включали мікроскопію мазків периферичної крові. Біохімічні показники сироватки визначали за допомогою автоматичного аналізатора «STAT FAX 1904+» (США). Статистичну обробку результатів експериментальних досліджень проводили визначенням середнього арифметичного (M), його похибки (m) та рівня вірогідності (p) з використанням таблиці t -критеріїв Стюдента, а також за допомогою стандартного пакету Statistica у програмі Microsoft Excel 2013 і Statsf.

Як видно з табл. 1, у собаки відзначено значний лейкоцитоз ($28,40 \pm 0,12$ за норми $6,0-17,0$), що вказує на виражений запальний процес. Підвищений рівень нейтрофілів ($88,00 \pm 0,08\%$) у поєднанні зі зниженим відсотком лімфоцитів ($7,00 \pm 0,06\%$) підтверджує наявність гострої запальної реакції організму на пухлинний процес. Водночас зниження кількості еритроцитів ($4,90 \pm 0,05$) та рівня гемоглобіну ($102,00 \pm 0,04$ г/л) свідчить про розвиток анемії хронічного захворювання. Тромбоцитопенія ($92,00 \pm 0,07$) може бути пов'язана як із пухлинною інтоксикацією, так і з виснаженням резервів кісткового мозку.

Біохімічний аналіз крові у пацієнта вказує на підвищення активності печінкових ферментів: АЛТ ($115,60 \pm 0,05$) та АСТ ($128,20 \pm 0,06$), що свідчить про ураження гепатоцитів та розвиток токсичного гепатиту. Високий рівень лужної фосфатази ($420,00 \pm 0,10$) може бути наслідком холестазу чи метастатичного ураження. Гіпоальбумінемія ($22,40 \pm 0,03$) у поєднанні з гіперглобулінемією ($60,00 \pm 0,04$) підтверджує хронічний запальний процес та імунну відповідь організму.

Таблиця 1. Гематологічні та біохімічні показники крові за плоскоклітинної карциноми ($M \pm m$)

Показник	Норма (собаки)	Результати дослідів у собаки ($M \pm m$)
Лейкоцити (WBC), $\times 10^9/\text{л}$	6,0–17,0	$28,40 \pm 0,12^*$
Нейтрофіли, %	60–83	$88,00 \pm 0,08^*$
Лімфоцити, %	12–30	$7,00 \pm 0,06^*$
Еритроцити (RBC), $\times 10^{12}/\text{л}$	5,5–8,5	$4,90 \pm 0,05^*$
Гемоглобін (Hb), г/л	110–190	$102,00 \pm 0,04^*$
Тромбоцити, $\times 10^9/\text{л}$	117–460	$92,00 \pm 0,07^*$
АЛТ (ALT), U/l	17–78	$115,60 \pm 0,05^*$
АСТ (AST), U/l	17–44	$128,20 \pm 0,06^*$
Лужна фосфатаза (ALP), U/l	13–83	$420,00 \pm 0,10^*$
Альбумін, г/л	26–40	$22,40 \pm 0,03^*$
Глобуліни, г/л	28–46	$60,00 \pm 0,04^*$
Сечовина, ммоль/л	3,2–10,4	$13,10 \pm 0,05^*$
Креатинін, мкмоль/л	35–124	$82,00 \pm 0,04$
Кальцій, ммоль/л	2,3–3,0	$3,20 \pm 0,02^*$

Значення подано у форматі $M \pm m$ () – показники, що мали статистично достовірні відмінності порівняно з фізіологічною нормою ($P < 0,005$); н.д. – різниця недостовірна.

Підвищений рівень сечовини ($13,10 \pm 0,05$) відображає порушення білкового обміну, а гіперкальціємія ($3,20 \pm 0,02$) може бути паранеопластичним синдромом, характерним для злоякісних пухлин. Рівень креатиніну ($82,00 \pm 0,04$) залишався в межах норми, що свідчить про збережену функцію нирок.



Рис. 1. Клінічний вигляд плоскоклітинної карциноми (G1) у міжлопатковій ділянці собаки. Новоутворення з ділянками виразкування, некрозу та ексудації (кобель, 6 років)

Макроскопічно (рис. 1) у міжлопатковій ділянці собаки виявлено новоутворення вузлової форми діаметром близько 5 см, щільної консистенції, з нерівними контурами. Поверхня пухлини була частково виразкована, у центральній частині спостерігалися ділянки некрозу з виділенням серозно-гнійного ексудату, що супроводжувалося гіперемією навколишніх тканин і місцевою запальною реакцією. Шкіру навколо утворення було депільовано для проведення діагностичних процедур та подальшого лікування.

Під час мікроскопічного дослідження біопсійного матеріалу (рис. 2) було встановлено, що новоутворення має епітеліальну природу і характеризується сквамозною диференціацією пухлинних клітин.

Виявлено асоційовані з епітелієм тяжі та гнізда атипівих кератиноцитів, які інфільтрують у підлеглу дерму. Пухлинні клітини демонструють виражений ядерний поліморфізм та гіперхромію, серед яких зустрічаються клітини зі збільшеним ядром та зміненим співвідношенням «ядро/цитоплазма». У середньому нараховано 2 мітози на 10 великих полів зору мікроскопа, переважно типової морфології, що відповідає низькому ступеню малігнізації.

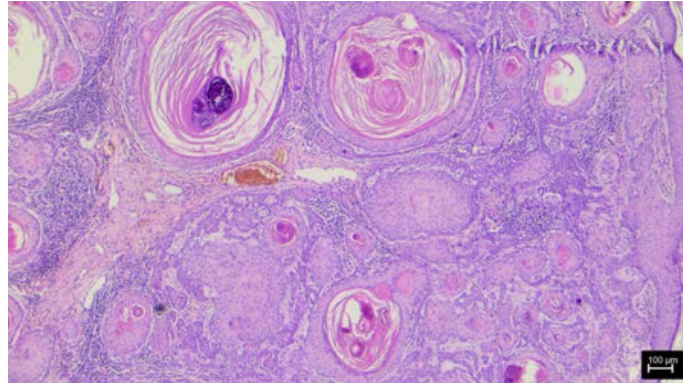


Рис. 2. Гістологічна картина плоскоклітинної карциноми (G1) у собаки (кобель, 6 років)

Фарбування гематоксилін-еозином. Заливка в ParaplastPlus®.

Image Size: 1280x720; Real Size: 2 703,34 μm x 1 519,71 μm

Microscope: DM3000, Obj. Mag: 4, Zoom Iris :0

Camera: FLEXACAM-C1-2721240065, Format: 2160p, 3840x2160, Exposure: 20.500 ms

Міжклітинні контакти добре виражені, цитоплазма пухлинних клітин рясна, інтенсивно еозинофільна. Ядра мають округлу або овальну форму, із дрібнозернистим хроматином та 1–3 вираженими ядерцями. Анізокариоз оцінюється як помірний, що свідчить про відносну однорідність клітинного складу.

Важливою морфологічною ознакою є наявність кератинових перлин, а також вогнищ ороговіння окремих клітин, що підтверджує діагноз плоскоклітинної карциноми високого ступеня диференціації (G1). У ділянках пухлини з виразками визначалися вогнища некрозу, а також запальні інфільтрати, представлені переважно нейтрофілами та макрофагами. Периферійні тканини характеризувалися набряком, повнокрів'ям судин та поодинокими ділянками екстравазації еритроцитів.

Таким чином, гістологічна картина узгоджується з діагнозом плоскоклітинна карцинома (G1) у міжлопатковій ділянці собаки, з характерними ознаками ороговіння та формуванням кератинових перлин, що підтверджує доброякісніший перебіг порівняно з карциномами низького ступеня диференціації.

Пацієнту було проведено хірургічне видалення пухлини (ексцизію плоскоклітинної карциноми міжлопаткової ділянки) з метою максимального усунення пухлинного осередку. Післяопераційний перебіг супроводжувався помірним больовим синдромом та серозним ексудатом із ранової поверхні, що було контрольовано симптоматичною терапією. Із метою профілактики місцевого рецидиву та підвищення ефективності лікування було застосовано електрохіміотерапію з використанням блеоміцину у дозі 15 000 IU/m² внутрішньовенно з подальшою локальною електропропацією тканин у зоні хірургічного втручання.

Таблиця 2. Динаміка клінічних та лабораторних показників після електрохіміотерапії (EXT)

Показник	До лікування	Після 1-го сеансу EXT	Після 2-го сеансу EXT
Біль (клінічна оцінка)	Виражений, собака неспокійний	Помірний, зниження вилизування	Мінімальний, пацієнт спокійний
Ексудатія з пухлини	Рясна, серозно-гнійна	Зменшення на 50%	Майже відсутня
Розмір пухлини	100% (вихідний)	Зменшення на 25–30%	Стабілізація, без подальшого росту
Апетит	Відсутній	Почав уживати їжу частково	Апетит відновився
Загальна активність	Млявість, апатія	Помірне підвищення	Нормалізація, підвищений інтерес до оточення
Лейкоцити (×10 ⁹ /л)	28,40	20,10	14,80
Еритроцити (×10 ¹² /л)	4,90	5,40	5,90
Гемоглобін (г/л)	102,00	118,00	132,00

Після проведення першого сеансу електрохіміотерапії (табл. 2) відзначалося зменшення больових відчуттів, зниження ексудації з післяопераційної рани, а також часткове зменшення набряку та запальної реакції тканин (на 25–30% порівняно з вихідним станом). Собака став більш спокійним, активним, знизилася частота вилизування ділянки шва.

Після другого сеансу електрохіміотерапії було досягнуто стабілізацію процесу: загоєння післяопераційної рани відбувалося без ускладнень, відновився апетит, нормалізувалася поведінкова активність тварини.

У динаміці лабораторних досліджень відзначено нормалізацію частини гематологічних показників: рівень лейкоцитів знизився, відзначалося підвищення кількості еритроцитів та гемоглобіну порівняно з попередніми результатами, що свідчило про зменшення інтоксикації та поліпшення загального стану організму.

Висновки. Радіоміметики завдяки здатності імітувати ефекти іонізуючого випромінювання поєднують у собі переваги променевої терапії та хіміотерапії, але без необхідності складного обладнання. Це робить їх перспективним та економічно доцільним методом у ветеринарній онкології, особливо у випадках, коли класична променева терапія є недоступною або протипоказаною.

Використання блеоміцину як радіоміметика у складі електрохіміотерапії продемонструвало виражений позитивний ефект описаного клінічного випадку. Застосування даного методу дає змогу значно знизити клінічні прояви пухлинного процесу, сприяє швидшій стабілізації стану пацієнта та є економічно вигідним порівняно з променевою терапією, яка часто залишається малодоступною у ветеринарних клініках України.

Основними перевагами використання блеоміцину є його висока локальна ефективність за поєднання з електропорцією, відносна безпека для організму та доступність для практичного застосування. Серед потенційних обмежень слід урахувати ризик розвитку легеневого фіброзу за перевищення кумулятивної дози та необхідність регулярного моніторингу функцій нирок. Наші результати узгоджуються з даними сучасних досліджень, які підтверджують ефективність блеоміцину в схемах електрохіміотерапії у собак.

Список використаних джерел

1. Коренєва Ж., Телятніков А., Хіміч М., Найдіч О., Столяренко М. Морфологічна характеристика деяких пухлин шкіри та її похідних у дрібних домашніх тварин. *Agrarian Bulletin of the Black Sea Littoral*. 2021. Вип. 98. С. 46–52. DOI: <https://doi.org/10.37000/abbsl.2021.98.08>.
2. Ліщук С.Г., Ковальова О.М., Добровольський В.А. Морфолого-гістологічна діагностика новоутворень молочної залози у кішок. Подільський вісник: сільське господарство, техніка, економіка. 2023. Вип. 3(40). *Ветеринарні науки*. С. 113–117. DOI: <https://doi.org/10.37406/2706-9052-2023-3.17>.
3. Самойлюк Г.В. Поширеність пухлинної патології собак в умовах мегаполісу. *Theoretical and Applied Veterinary Medicine*. 2021. Т. 9. № 2. С. 98–104. URL: <http://dspace.dsau.dp.ua/jspui/handle/123456789/6178> (дата звернення: 07.10.2025).
4. Chandrashekaraiiah M., Ranganath L., Shivananda Reddy P.M., Sharanagouda P.S., Ranganath B.R. Clinicopathological studies of cutaneous squamous cell carcinoma in dogs: a report of 17 cases. *Brazilian Journal of Veterinary Pathology*. 2011. Vol. 4. No. 2. P. 121–126. URL: https://bjvp.org.br/wp-content/uploads/2015/07/DOWNLOAD-FULL-ARTICLE-16-20881_2011_7_5_35_7.pdf (дата звернення: 07.10.2025).
5. Chen M., Chen J., Xu Y., et al. Bleomycin induces cellular senescence and suppresses Rad51 expression in lung cancer cells. *Frontiers in Oncology*. 2024. Vol. 14. Article 1341221. DOI: <https://doi.org/10.3389/fonc.2024.1341221>.
6. De Anjos D.S., De Faria J.L.M., Lima J.C., et al. Electrochemotherapy induces cell cycle arrest and decreases the proliferative index in canine cutaneous squamous cell carcinoma. *Scientific Reports*. 2019. Vol. 9. Article 17300. DOI: <https://doi.org/10.1038/s41598-019-52461-6>.
7. Deli M. Mechanism of Action and Use of Radiomimetic Compounds. Part 2: Radiomimetic Substances of Bacterial Origin. *Acta Medica Marisiensis*. 2023. Vol. 69. No. 4. P. 408–414. DOI: <https://doi.org/10.2478/amma-2023-0027>.
8. Maglietti F., Tellado M., Olaiz N., Michinski S., Marshall G. Combined local and systemic bleomycin for electrochemotherapy protocols: case study in veterinary oncology. *Veterinary Oncology Journal*. 2016. P. 1–8. URL: <https://www.vetoncologia.com/wp-content/uploads/2016/03/Combined-local-and-systemic-bleomycin.pdf> (дата звернення: 07.10.2025).
9. Spugnini E.P., Azzarito T., Fais S., Fanciulli M., Baldi A. Adjuvant electrochemotherapy with bleomycin and cisplatin for canine soft tissue sarcomas: 30 cases. *Open Veterinary Journal*. 2019. Vol. 9. No. 2. P. 97–102. DOI: <https://doi.org/10.4314/ovj.v9i2.4>.
10. Tellado M., Spugnini E.P., De Vito R., et al. Veterinary Guidelines for Electrochemotherapy. *Frontiers in Veterinary Science*. 2022. Vol. 9. Article 868989. DOI: <https://doi.org/10.3389/fvets.2022.868989>.

Lishchuk S. G.

*Candidate of Agricultural Sciences,
Associate Professor at the Department of Normal and Pathological Morphology and Physiology,
Higher educational institution "Podillia State University"
Kamyanets-Podilskyi, Ukraine
E-mail: itomlin@ukr.net
ORCID: 0000-0002-6294-5259*

Dobrovolsky V. A.

*Master of Veterinary Medicine,
Assistant at the Department of Normal and Pathological Morphology and Physiology,
Higher educational institution "Podillia State University"
Kamyanets-Podilskyi, Ukraine
E-mail: Dobrovolsky.va@gmail.com
ORCID: 0000-0002-2678-5649*

Kovalova O. M.

*Master of Veterinary Medicine,
Assistant at the Department of Normal and Pathological Morphology and Physiology,
Higher educational institution "Podillia State University"
Kamyanets-Podilskyi, Ukraine
E-mail: frolova.vas4422@gmail.com
ORCID: 0009-0000-9131-9380*

MODELING THE EFFECTS OF IONIZING RADIATION IN VETERINARY MEDICINE: CLINICAL APPLICATION OF RADIOMIMETICS IN CANINE SQUAMOUS CELL CARCINOMA

Abstract

Radiomimetics are a class of antitumor agents that mimic the effects of ionizing radiation by inducing DNA strand breaks in cancer cells. They provide therapeutic efficacy comparable to radiotherapy but without the need for expensive equipment, which makes them highly promising for veterinary oncology, especially in regions with limited access to radiation therapy. One of the most effective radiomimetic agents is bleomycin, which is widely used in electrochemotherapy (ECT) protocols.

This article presents a clinical case of well-differentiated squamous cell carcinoma (G1) in a 6-year-old, 30-kg working dog. The tumor was localized in the interscapular region, characterized by firm consistency, areas of necrosis, and serous-purulent exudation. Histological examination confirmed the diagnosis of squamous cell carcinoma with squamous differentiation of neoplastic cells.

The patient underwent surgical excision of the tumor followed by ECT with bleomycin at a dose of 15,000 IU/m² administered intravenously in combination with local electroporation. After the first session, a significant reduction in pain, decreased exudation, and partial reduction of the tumor mass (25–30%) were observed. Following the second session, the disease process stabilized, appetite returned, and hematological parameters improved, indicating reduced systemic intoxication.

In conclusion, the combination of surgical intervention and electrochemotherapy with bleomycin demonstrated high efficacy in the treatment of squamous cell carcinoma in dogs. The use of radiomimetics ensures strong local effectiveness, good tolerance by patients, and economic feasibility, highlighting the potential of this therapeutic approach for practical veterinary oncology.

Key words: radiomimetics, dog, squamous cell carcinoma.

References

1. Korenieva, Zh., Teliatnikov, A., Khymych, M., Naidych, O., & Stoliarenko, M. (2021). Morfologichna kharakterystyka deiaklykh pukhlyn shkir y ta yii pokhidnykh u dribnykh domashnykh tvaryn [Morphological characteristics of some skin tumors and its derivatives in small domestic animals]. *Agrarian Bulletin of the Black Sea Littoral*, 98, 46–52. <https://doi.org/10.37000/abbsl.2021.98.08> [in Ukrainian].
2. Lishchuk, S.H., Kovalova, O.M., & Dobrovolskyi, V.A. (2023). Morfoloho-histologichna diahnozyka novoutvoren molochnoi zalozy v kishok [Morphological and histological diagnostics of mammary gland tumors in cats]. *Podilskyi Visnyk: Silske Hospodarstvo, Tekhnika, Ekonomika*, 3(40), 113–117. <https://doi.org/10.37406/2706-9052-2023-3.17> [in Ukrainian].
3. Samoyliuk, H.V. (2021). Poshyrenist pukhlyynoi patolohii sobak v umovakh mehapolisu [Prevalence of tumor pathology in dogs in urban conditions]. *Theoretical and Applied Veterinary Medicine*, 9(2), 98–104. Retrieved from <http://dspace.dsau.dp.ua/jspui/handle/123456789/6178> [in Ukrainian].
4. Chandrashekaraiyah, M., Ranganath, L., Shivananda, Reddy, P.M., Sharanagouda, P.S., & Ranganath, B.R. (2011). Clinicopathological studies of cutaneous squamous cell carcinoma in dogs: A report of 17 cases. *Brazilian Journal of Veterinary Pathology*, 4(2), 121–126. Retrieved from https://bjvp.org.br/wp-content/uploads/2015/07/DOWNLOAD-FULL-ARTICLE-16-20881_2011_7_5_35_7.pdf [in English].
5. Chen, M., Chen, J., Xu, Y., et al. (2024). Bleomycin induces cellular senescence and suppresses Rad51 expression in lung cancer cells. *Frontiers in Oncology*, 14, Article 1341221. <https://doi.org/10.3389/fonc.2024.1341221> [in English].

6. De Anjos, D.S., De Faria, J.L.M., Lima, J.C., et al. (2019). Electrochemotherapy induces cell cycle arrest and decreases the proliferative index in canine cutaneous squamous cell carcinoma. *Scientific Reports*, 9, Article 17300. <https://doi.org/10.1038/s41598-019-52461-6> [in English].
7. Deli, M. (2023). Mechanism of action and use of radiomimetic compounds. Part 2: Radiomimetic substances of bacterial origin. *Acta Medica Marisiensis*, 69(4), 408–414. <https://doi.org/10.2478/amma-2023-0027> [in English].
8. Maglietti, F., Tellado, M., Olaiz, N., Michinski, S., & Marshall, G. (2016). Combined local and systemic bleomycin for electrochemotherapy protocols: Case study in veterinary oncology. *Veterinary Oncology Journal*, 1–8. Retrieved from <https://www.vetoncologia.com/wp-content/uploads/2016/03/Combined-local-and-systemic-bleomycin.pdf> [in English].
9. Spugnini, E.P., Azzarito, T., Fais, S., Fanciulli, M., & Baldi, A. (2019). Adjuvant electrochemotherapy with bleomycin and cisplatin for canine soft tissue sarcomas: 30 cases. *Open Veterinary Journal*, 9(2), 97–102. <https://doi.org/10.4314/ovj.v9i2.4> [in English].
10. Tellado, M., Spugnini, E.P., De Vito, R., et al. (2022). Veterinary guidelines for electrochemotherapy. *Frontiers in Veterinary Science*, 9, Article 868989. <https://doi.org/10.3389/fvets.2022.868989> [in English].

Отримано: 23.09.2025

Рекомендовано: 21.10.2025

Опубліковано: 16.12.2025