

Toxicology, pharmacology and therapy of animals poisoned by anticoagulant rodenticides: a review

N. Kanivets¹✉ | S. Kravchenko¹ | N. Dmytrenko¹ | O. Deviatko² | S. Kulynych¹ | O. Deleichuk¹

Article info

Correspondence Author

N. Kanivets

E-mail:

natalia.kanivets@pdaa.edu.ua

¹ Poltava State Agrarian University, Skovorody Str., 1/3, Poltava, 36003, Ukraine

² National University of Life and Environmental Sciences of Ukraine, Heroiv Oborony Str.15, building 3, Kyiv, 03041, Ukraine

Citation: Kanivets, N., Kravchenko, S., Dmytrenko, N., Deviatko, O., Kulynych, S., & Deleichuk, O. (2025). Toxicology, pharmacology and therapy of animals poisoned by anticoagulant rodenticides: a review. *Scientific Progress & Innovations*, 28 (1), 244–248. doi: 10.31210/spi2025.28.01.38

One of the problems that has existed for many years and is the cause of death of domestic dogs and cats is poisoning associated with the consumption of rodenticides (zoocides). The purpose of the study was to conduct a broad review of world scientific publications on the toxicodynamics of rodenticides of the anticoagulant group, the pharmacology of specific antidotes and methods of their use in the treatment regimen for domestic dogs and cats. The results of the analysis of the modern world literature on the arsenal of anticoagulant rodenticides are highlighted, their toxicodynamics and pathogenesis of pathological processes caused by the action of these agents are described, the literature on the expediency and effectiveness of the use of certain pharmacological agents as antidotes is systematized, and modern treatment regimens for domestic dogs and cats with rodenticide-anticoagulant poisoning are analyzed. It has been established that the vast majority of rodenticides used in practical use against mouse-like rodents are of two groups: hydroxycoumarin derivatives of the first and second generations and indandione derivatives. Poisoning of dogs and cats by second-generation anticoagulants (brodifacoum) accounts for 27.6 %. The basis of the toxicodynamics of all rodenticides described in this article is the disruption of vitamin K recycling, which leads to the inactivation of blood coagulation factors II, VII, IX and X, as well as the inhibition of endogenous vitamin K epoxy reductase, which makes the carboxylation reaction impossible. The nonspecificity of the first clinical manifestations of rodenticide-anticoagulant action leads to late diagnosis of poisoning, which increases the mortality of pets during treatment. Clinical studies should be supplemented by the results of blood tests (hypochromic anemia, neutrophilia with leukocytosis, ESR increase, MCV decrease, increased fibrinogen content) against the background of prothrombin activity disorders) and radiological findings (pleural effusion in 63.6 %, retroperitoneal effusion in 28.6 % and peritoneal effusion in 14.3 % of poisoned animals). Pathognomonic pathologic signs are internal bleeding and massive hemorrhagic diathesis. Treatment should be based on the use of vitamin K1 in high doses (1.5–5 mg/kg). Other forms of vitamin K are ineffective. The conducted literature analysis allows us to understand the global trend in the use, toxicodynamics and pharmacotherapy of dogs and cats for rodenticide poisoning, which makes it possible to increase the effectiveness of combating animal poisoning.

Keywords: animal diagnostics and therapy, dogs, cats, anticoagulants, vitamin K₁.

Токсикологія, фармакологія та терапія тварин за отруєння антикоагулянтними родентицидами: огляд

Н. С. Канівець¹ | С. О. Кравченко¹ | Н. І. Дмитренко¹ | О. С. Дев'ятко² | С. М. Кулинич¹ | О. П. Делейчук¹

¹ Полтавський державний аграрний університет, м. Полтава, Україна

² Національний університет біоресурсів і природокористування України, м. Київ, Україна

Однією з проблем, яка існує впродовж довгих років та є причиною загибелі свійських собак і котів, є отруєння, яке пов'язане із поїданням родентицидів (зооцидів). Метою досліджень було провести широкий огляд світових наукових публікацій щодо питань токсикодинаміки родентицидів групи антикоагулянтів, фармакології специфічних антидотів та методів їх застосування у схемі лікування свійських собак та котів. Висвітлено результати аналізу сучасної світової літератури щодо арсеналу антикоагуляючих родентицидів, описана їх токсикодинаміка і патогенез патологічних процесів, які зумовлені дією цих засобів, систематизовано літературні відомості щодо доцільності та ефективності застосування окремих фармакологічних препаратів як антидотів, проаналізовано сучасні схеми лікування свійських собак та котів за отруєнь родентицидами-антикоагулянтами. Встановлено, що переважну більшість у практичному застосуванні проти мишовидних гризунів складають родентициди двох груп: похідні гідроксикумарину першого і другого покоління та похідні індантіону. Отруєння собак та котів антикоагулянтами другого покоління (бродіфакум) складають 27,6 %. Основою токсикодинаміки усіх описаних у статті родентицидів є порушення рециркуляції вітаміну К, що призводить до інактивації факторів згортання крові II, VII, IX та X, а також пригнічення епоксиредуктази ендogenousного вітаміну К, що унеможливує реакцію карбоксилування. Неспецифічність перших клінічних проявів дії родентицидів-антикоагулянтів призводить до пізньої діагностики отруєння, що підвищує смертність домашніх тварин у процесі лікування. Клінічні дослідження доцільно доповнювати результатами аналізу крові (гіпохромна анемія, нейтрофілія за лейкоцитозу, зростання ESR, зниження MCV підвищений вміст фібриногену) на тлі порушення показників протромбінової активності) та рентгенологічно – плевральний випіт у 63,6 %, ретроперитоніальний – у 28,6 % та перитонеальний – у 14,3 % отруєнних тварин. Патогномонічною патологоанатомічною ознакою є внутрішні кровотечі та масовані геморагічний діатез. Лікування повинно базуватися на застосуванні вітаміну К₁ у високих дозах (1,5–5 мг/кг). Інші форми вітаміну К неефективні. Проведений літературний аналіз дозволяє розуміти світову тенденцію у питаннях застосування, токсикодинаміки та фармакотерапії собак та котів за отруєння родентицидами, що дає можливість підвищити ефективність боротьби з отруєннями тварин.

Ключові слова: діагностика і терапія тварин, собаки, коті, антикоагулянти, вітамін К₁.

Бібліографічний опис для цитування: Канівець Н. С., Кравченко С. О., Дмитренко Н. І., Дев'ятко О. С., Кулинич С. М., Делейчук О. П. Токсикологія, фармакологія та терапія тварин за отруєння антикоагулянтними родентицидами: огляд. *Scientific Progress & Innovations*. 2025. № 28 (1). С. 244–248.

В останні роки спонтанне та, на жаль, навмисне отруєння дрібних тварин, зокрема собак, пов'язане із застосуванням родентицидів [22].

Незважаючи на значну кількість наукових публікацій щодо отруєння дрібних тварин родентицидами, узагальнення існуючої світової інформації стосовно цього питання є актуальним.

Представлена наукова праця має за мету всебічний огляд наукових досліджень щодо отруєння дрібних тварин (собак і котів) в світі та висвітлює актуальні новітні дані стосовно діагностики, лікування та профілактики отруєнь антикоагулянтними родентицидами.

Родентициди – це група хімічних препаратів, направлена на боротьбу з мишоподібними гризунами [23, 32]. Антикоагулянтні родентициди є найбільшою і загальнодоступною групою пестицидів, які застосовують для боротьби зі шкідливими гризунами [14]. Залежно від хімічної групи, антикоагулянтні родентициди поділяють на дві групи: похідні гідроксикумарину й індантіону. Гідроксикумаринові родентициди представлені першим (кумафлор, кумафуріл, куматетраліл, варфарин) та другим (бродіфакум, броматіолон, дифенакум, дифетіалон, флокумафен) поколіннями. Антикоагулянти другого покоління більш токсичні, тому можуть викликати загибель тварини впродовж декількох діб після одноразового поїдання [1, 8, 32]. Похідні індантіону представлені хлорфациноном, дифациноном, піндоном, валоном.

Родентициди з діючою речовиною бродіфакум проявляють антикоагулюючий вплив на організм гризунів, спричинюючи внутрішні кровотечі та загибель.

Отруєння дрібних тварин, зокрема собак, відбувається за споживання отрути, як правило, у вигляді окремої ароматизованої принади (первинний шлях). Смакова привабливість приманки пояснюється наявністю сахарози та інших додаткових речовин. Вторинне отруєння відбувається внаслідок поїдання ураженого отрутою гризуна. Наслідки є небезпечними для здоров'я та життя тварини і завдають значних емоційних та економічних втрат їх власникам [3].

Існують повідомлення, що отруєння дрібних тварин антикоагулянтами (діюча речовина бродіфакум) складають 27,6 % від усіх випадків отруєнь [7, 21, 27].

Особливості токсикодинаміки антикоагулянтів

Антикоагулянтні родентициди перешкоджають рециркуляції вітаміну К, який приймає участь в активації факторів згортання крові: II (протромбін), VII (проконвертин), IX (фактор Крістмаса) і X (фактор Стюарта–Прауера) через γ -карбоксилювання [31]. Гідроксикумаринові родентициди першого і другого покоління інгібують фермент епоксидредуктазу ендогенного вітаміну К, а екзогенної форми цього вітаміну недостатньо, щоб задовільнити реакцію карбоксилювання. Тому виникає дефіцит активного вітаміну К, фактори згортання крові не карбоксилюються і залишаються нефункціональними. За неповного карбоксилювання

попередника протромбіну утворюється субстанція PIVKA-II (protein induced in vitamin K absence), яка спричинена відсутністю вітаміну К. За накопичення PIVKA-II протромбіновий коагуляційний потенціал знижується і розвивається схильність до кровоточивості, а PIVKA-II може виступати як помірний антикоагулянт [6, 13]. В крові через 12–24 годин після інтоксикації концентрація факторів згортання крові знижується. Запаси активних факторів згортання крові II, VII, IX і X вичерпуються за 3–5 діб, що співпадає з ознаками масової кровотечі, оскільки надмірні токсичні дози антикоагулянтних родентицидів провокують пошкодження капілярів, збільшення їх просвіту, викликаючи внутрішню кровотечу [2].

Клінічні ознаки отруєння антикоагулянтними родентицидами

Ознаки отруєння антикоагулянтними родентицидами неспецифічні. У більшості дрібних тварин реєструється пригнічення загального стану, сонливість, блідість слизових оболонок, зниження (гіпорексія) чи відсутність (анорексія) апетиту, підвищена спрага (полідипсія), часте сечовипускання (поліурія), швидка втома [20].

Стосовно загальної температури тіла в літературі наявні суперечливі твердження. За даними Vinev et al. (2005), у собак за інтоксикації антикоагулянтами реєстрували гіпертермію, а за даними Petterino et al. (2004) – гіпотермію [4, 25]. Ймовірно, такі розбіжності пов'язані з різними дозами й типами токсичних сполук. За сучасними даними, на ранніх стадіях температура підвищується, а за 2–3 доби нормалізується або знижується [32].

За отруєння антикоагулянтними родентицидами у дрібних тварин спостерігають тахікардію, тахіпное та задишку. В калі наявна кров (гематокезія), червоно-чорні випорожнення (мелена), на шкірі, слизових оболонках та кон'юнктиві реєструються петехії та екхімози, в передній камері ока – гіфема [9, 17, 29].

У різних випадках реєструється блювання, гематемезис (блювання з кров'ю), кровотеча з носа, гематурія, дизурія, легенева та плевральна, а у вагітних – вагінальна кровотечі [15, 32]. Через тиждень від початку інтоксикації у більшості собак спостерігається симетричне двостороннє розширення черева, що супроводжується провисанням вентральної черевної стінки, лордозом хребта внаслідок геморагічного асцити [18, 31]. Водночас, за перкусії при піднятті передньої частини тіла виявляється зниження зони абсолютної тупості серця та зміни показників перкусії вентрального відділу легеневого поля (плевральний випіт). Хворі тварини часто приймають позу «сидячої собаки». За венопункції в отруєних тварин характерні утворення масивних гематом та гемофілія [5, 32].

Аналіз біологічних рідин

Лабораторні дослідження необхідні для точного та достовірного діагнозу при отруєнні антикоагулянтними родентицидами у дрібних тварин. Для цього проводять загальний та біохімічний аналіз крові, визначення коагуляційного профілю та

досліджують сечу [12, 35].

За гематологічного дослідження (загальний аналіз крові) у хворих тварин виявляють анемію (гіпохромну), зниження гематокриту, лейкоцитоз з нейтрофілією, підвищення швидкості осідання еритроцитів (ESR), зниження середнього об'єму еритроцитів (MCV) [17].

В сироватці крові собак за отруєння антикоагулянтними родентицидами реєструється гіпопротеїнемія, гіпоальбумінемія, білірубінемія, гіперглікемія, підвищений вміст сечовини, підвищена активність аланінамінотрансферази (ALT), лужної фосфатази (ALP), гамаглутамілтрансферази (GGT) [3].

У хворих тварин спостерігається підвищення активованого часткового тромбoplastинового часу (APTT), протромбінового часу (PT), тромбінового часу (TT), часткового тромбoplastинового часу (PTT), активованого часу згортання, підвищена концентрація продуктів дегідратації фібрину (FDPs), зниження вмісту факторів згортання крові II, VII, IX, X, підвищений вміст фібриногену та підвищене значення PIVKA (protein induced by vitamin K absence) [11, 28].

Зміни в сечі характеризуються протеїнурією, мікро- та макрогематурією. В осаді сечі виявляється значна кількість еритроцитів [34].

Рентгенологічні зміни

За даними Hеске et al. (2024), у 28,6 % тварин за отруєння антикоагулянтними родентицидами при рентгенологічному дослідженні виявлявся ретроперитоніальний випіт, та у 14,3 % – перитоніальний випіт. В грудній порожнині у 63,6 % собак візуалізували плевральний випіт, розширення середостіння та у 36,4 % – легенеvu кровотечу і звуження трахеї [10].

Патологоанатомічні зміни

За розтину труп тварин, які загинули внаслідок отруєння антикоагулюючими родентицидами, діагностується внутрішня кровотеча, що характеризується гематоперитонеумом, гемотораксом, набряком легень. Супутні зміни в органах і тканинах зумовлені пошкодженням судин дрібного діаметру (капілярів) і проявляються гострим геморагічним гастроентероколітом, ендокардитом, загальною анемією, застійною венозною гіперемією печінки, селезінки і нирок [19]. Водночас, в органах, під ендокардом шлуночків серця виявляються смугасті крововиливи (плями Мінакова), що вказує на прижиттєву масову кровотечу [16].

Лікування за отруєння дрібних тварин антикоагулянтними родентицидами

Лікування необхідно призначати негайно. У перші чотири години від отруєння тварині рекомендовано призначити блювальні засоби, сорбуючі препарати (активоване вугілля, сполуки кремнію тощо). За встановленого діагнозу на отруєння зоокумаридами тваринам призначають специфічний антидот вітамін К₁ у високих дозах, для собак крупних тварин доза становить 1,5–2,5 мг/кг

маси тіла двічі на добу, для дрібних/карликових порід собак, для котів, екзотичних тварин – 4–5 мг/кг маси тіла [24, 30]. За даними літератури, вікасол та вітамін К₃ не ефективний за інтоксикації антикоагулянтними родентицидами [26], тому його застосування недоцільне.

У екстрених станах, зумовлених інтоксикацією гідроксикумариновими родентицидами другого покоління (бродіфакум), вітамін К₁ вводиться парентерально в дозі 5 мг/кг маси тіла тварини в різні ділянки. Водночас, стан пацієнта стабілізують шляхом переливання крові (цільної крові, плазми). За таких умов, наступне введення вітаміну К₁ рекомендується не раніше, ніж 12 годин і виключно перорально в дозі 2,5–5 мг/кг маси тіла, яку задають один раз на добу впродовж наступних 3–6 тижнів. Введення вітаміну К₁ з лікувальною метою може продовжитись ще на два тижні, якщо при дослідженні виявляють підвищення протромбінового часу (PT) [18, 30].

Тривалість лікування вітаміном К₁ коливається і залежить від різних факторів (кількості і типу антикоагулянтних родентицидів, виду тварини, шляху надходження, але найважливішим є швидкість, точність і своєчасність встановлення діагнозу). Однак, більшість дослідників зазначають, що оптимальна лікувальна ефективність настає при застосуванні вітаміну К₁ не менше 1 місяця [27, 30]. Відновлення часу згортання крові є ознакою одужання, що вказує на подолання твариною інтоксикації антикоагулянтними родентицидами.

Прогноз

За отруєння дрібних тварин прогноз обережний і часто несприятливий. Однак, є дані, що зачасного звернення за допомогою, при отруєнні антикоагулянтними родентицидами виживання тварин становить 83–87 % [31, 24]. Існує думка, що прогноз після другої доби від початку лікування має напрям до сприятливого, у тому разі, якщо тварина подолає гостру коагулопатію [33]. Проте, за даними Vinev et al. (2005), навіть за зникнення у собак ознак отруєння в більшості випадків є умови до повторюваного асцити, що викликаний дистрофічним ураженням паренхіми печінки [4].

Профілактика

Профілактика отруєнь дрібних тварин антикоагулянтними родентицидами обумовлює розміщення приманок в недоступних місцях, щоденний контроль за приманками та мертвими гризунами, які необхідно регулярно утилізувати [22].

Висновки

Метою досліджень було провести широкий огляд світових наукових публікацій щодо питань токсикодинаміки родентицидів групи антикоагулянтів, фармакології специфічних антидотів та методів їх застосування у схемі лікування свійських собак та котів за отруєнь цими пестицидними засобами. Отруєння тварин, зокрема дрібних (собаки, коти), антикоагулянтними родентицидами

першого (кумахлор, кумафурил, куматетраліл, варфарин), та другого покоління (бродіфакум, бромадіолон, дифенакум, дифетіалон, флюкумафен) часто реєструється по всьому світу, оскільки, ці препарати є одними із досить ефективних речовин контролю кількості популяцій теплокровних шкідників. Тому актуальним є накопичення, узагальнення та публікація новітніх даних стосовно діагностики, лікування та профілактики отруєнь антикоагулянтними родентицидами.

Конфлікт інтересів

Автори стверджують про відсутність конфлікту інтересів щодо їхнього викладу та результатів досліджень.

References

- Ahmed, H. A. A. (2017). Evaluation of rodenticide bromadiolone and chlorophacinone in controlling rodent infestation at Al-Wadi Al-Gadeed Governorate in Egypt. *Egyptian Academic Journal of Biological Sciences, F. Toxicology & Pest Control*, 9 (1), 41–48. <https://doi.org/10.21608/eajbsf.2017.17051>
- Babii, V. F., & Hlavachek, D. O. (2023). Rodenticides as the basis of deratisation: general characteristics, classification, mechanisms of action, features of application and prospects (review of literature data). *Environment & Health*, 4 (109), 46–54. <https://doi.org/10.32402/dovkil2023.04.046>
- Bezukh, V. M., & Piddubnyak, O. V. (2015). Kliniko-hematologichnyy status sobak za otruyennya zookumarynom. *Naukovyy Visnyk Vetrynarnoyi Medytsyny*, 1, 10–13. [in Ukrainian]
- Binev, R., Petkov, P., & Rusenov, A. (2005). Intoxication with anticoagulant rodenticide bromadiolone in a dog – a case report. *Veterinary Archives*, 75, 273–282.
- Brei, C., Stern, L., & Racette, M. (2023). An atypical presentation of anticoagulant rodenticide toxicosis in a dog. *The Canadian Veterinary Journal*, 64 (11), 1015–1020.
- Chawla, D., Deorari, A. K., Saxena, R., Paul, V. K., Agarwal, R., Biswas, A., & Meena, A. (2007). Vitamin K₁ versus vitamin K₃ for prevention of subclinical vitamin deficiency: a randomized controlled trial. *Indian Pediatrics*, 44 (11), 817–822.
- DeClementi, C., & Sobczak, B. R. (2018). Common Rodenticide Toxicoses in Small Animals. *Veterinary Clinics of North America: Small Animal Practice*, 48 (6), 1027–1038. <https://doi.org/10.1016/j.cvsm.2018.06.006>
- Desoky, A. (2016). Rodenticide use in rodent control in upper egypt: an overview. *Global Journal of Life Sciences and Biological Research*, 2 (2), 25–27.
- Griggs, A. N., Allbaugh, R. A., Tofflemire, K. L., Ben-Shlomo, G., Whitley, D., & Paulsen, M. E. (2015). Anticoagulant rodenticide toxicity in six dogs presenting for ocular disease. *Veterinary Ophthalmology*, 19 (1), 73–80. <https://doi.org/10.1111/vop.12267>
- Hecke, K., Fulkerson, C., & Murakami, M. (2024). Abdominal radiographic features of anticoagulant rodenticide toxicity in 14 dogs and 2 cats. *Open Veterinary Journal*, 14 (6), 1460. <https://doi.org/10.5455/ovj.2024.v14.i6.14>
- House, A. M., Barton, M. H., & Williamson, L. H. (2011). One-stage prothrombin time, activated partial thromboplastin time, thrombin time, fibrin degradation product concentration, and antithrombin activity in healthy adult alpacas. *Veterinary Clinical Pathology*, 40 (2), 195–197. <https://doi.org/10.1111/j.1939-165x.2011.00312.x>
- Istvan, S. A., Marks, S. L., Murphy, L. A., & Dorman, D. C. (2014). Evaluation of a point-of-care anticoagulant rodenticide test for dogs. *Journal of Veterinary Emergency and Critical Care*, 24 (2), 168–173. <https://doi.org/10.1111/vec.12140>
- Ivanko, O. G., Solianik, A. V., & Pashchenko, I. V. (2017). Ontogenetic view on PIVKA-II in the development of prothrombin synthesis in infants. *Pathologia*, 3. <https://doi.org/10.14739/2310-1237.2017.3.118319>
- Jacob, J., & Buckle, A. (2017). Use of Anticoagulant Rodenticides in Different Applications Around the World. *Anticoagulant Rodenticides and Wildlife*, 11–43. https://doi.org/10.1007/978-3-319-64377-9_2
- Jia, Y., Zhan, Y., Huang, G., Deng, C., & Yu, H. (2024). Acute long-acting anticoagulant rodenticide poisoning in pregnancy: a case report. *Frontiers in Pharmacology*, 15. <https://doi.org/10.3389/fphar.2024.1502596>
- Kazantsev, R., & Yatsenko, I. (2022). Forensic veterinary diagnosis of dog's fatal poisoning with anticoagulant rodenticide – bromadiolone. *Naukovij Visnik Veterinarної Medicini*, 1 (173), 120–136. <https://doi.org/10.33245/2310-4902-2022-173-1-120-136>
- Kohn, B., Weingart, C., & Giger, U. (2003). Haemorrhage in seven cats with suspected anticoagulant rodenticide intoxication. *Journal of Feline Medicine and Surgery*, 5 (5), 295–304. [https://doi.org/10.1016/s1098-612x\(03\)00022-6](https://doi.org/10.1016/s1098-612x(03)00022-6)
- Kuhn, S. E., & Hendrix, D. V. H. (2013). Unilateral Subconjunctival and retrobulbar hemorrhage secondary to brodifacoum toxicity in a dog. *Case Reports in Veterinary Medicine*, 2013, 1–6. <https://doi.org/10.1155/2013/417808>
- McCrae, S., Skinner, S., Odunayo, A., & Wolf, J. (2024). Anticoagulant rodenticide intoxication in a dog with pericardial effusion and a heart base mass-like effect. *Veterinary Record Case Reports*, 12 (3). <https://doi.org/10.1002/vrc2.877>
- Nagy, A. L., Tăbăran, A. F., Blaj, R., Cătoi, C., Pop, A., Gal, A. F., & Oros, A. (2015). Epidemiological, clinical and pathological features in anticoagulant rodenticide toxicosis in dogs: 66 Cases (2010–2015). *Bulletin of University of Agricultural Sciences and Veterinary Medicine Cluj-Napoca. Veterinary Medicine*, 72 (2). <https://doi.org/10.15835/buasvmcn-vm:11480>
- Nakagawa, L., de Masi, E., Narciso, E., Neto, H. M., & Papini, S. (2014). Palatability and efficacy of bromadiolone rodenticide block bait previously exposed to environmental conditions. *Pest Management Science*, 71 (10), 1414–1418. <https://doi.org/10.1002/ps.3944>
- Nakayama, S. M. M., Morita, A., Ikenaka, Y., Mizukawa, H., & Ishizuka, M. (2019). A review: poisoning by anticoagulant rodenticides in non-target animals globally. *Journal of Veterinary Medical Science*, 81 (2), 298–313. <https://doi.org/10.1292/jvms.17-0717>
- Paliy, A. P., Sumakova, N. V., Rodionova, K. O., Mashkey, A. M., Alekseeva, N. V., Losieva, Ye. A., Zaiarko, A. I., Kostyuk, V. K., Dudus, T. V., Morozov, B. S., Hurtoviy, O. O., & Paliy, A. P. (2021). Efficacy of flea and tick collars against the ectoparasites of domestic animals. *Ukrainian Journal of Ecology*, 11 (2), 202–208.
- Paulin, M. V., Bray, S., Lauthhittir, T., Paulin, J., Blakley, B., & Snead, E. (2024). Anticoagulant rodenticide toxicity in dogs: A retrospective study of 349 confirmed cases in Saskatchewan. *The Canadian Veterinary Journal*, 65 (5), 496–503.
- Petterino, C., Paolo, B., & Tristo, G. (2004). Clinical and pathological features of anticoagulant rodenticide intoxications in dogs. *Veterinary and Human Toxicology*, 46, 70–75.
- Proulx, A., & Otto, C. M. (2012). Anticoagulant rodenticide intoxication. *BSAVA Manual of Canine and Feline Haematology and Transfusion Medicine*, 258–263. <https://doi.org/10.22233/9781905319732.29>
- Seljetun, K. O., Vindenes, V., Øiestad, E. L., Brochmann, G.-W., Eliassen, E., & Moe, L. (2020). Determination of anticoagulant rodenticides in faeces of exposed dogs and in a healthy dog population. *Acta Veterinaria Scandinavica*, 62 (1). <https://doi.org/10.1186/s13028-020-00531-5>
- Seljetun, K. O., Vindenes, V., Øiestad, E. L., Brochmann, G.-W., Eliassen, E., & Moe, L. (2020). Determination of anticoagulant rodenticides in faeces of exposed dogs and in a healthy dog population. *Acta Veterinaria Scandinavica*, 62 (1). <https://doi.org/10.1186/s13028-020-00531-5>
- Seo, D., Lim, S., Namgoong, B., Choe, A., Uhm, H., Hong, H., Lee, N., Kim, I., & Kim, M. (2024). Unilateral retrobulbar haemorrhage in a cat secondary to suspected anticoagulant rodenticide intoxication. *Veterinary Medicine and Science*, 10 (4). <https://doi.org/10.1002/vms3.1508>
- Solari, F. P., Sherman, A. H., Blong, A. E., Cameron, S., & Walton, R. A. (2022). Diagnosis and successful management of an extradural compressive hematoma secondary to diphacinone poisoning in a dog. *Journal of Veterinary Emergency and Critical Care*, 33 (1), 101–106. <https://doi.org/10.1111/vec.13248>
- Stroope, S., Walton, R., Mochel, J. P., Yuan, L., & Enders, B. (2022). Retrospective evaluation of clinical bleeding in dogs with anticoagulant rodenticide toxicity—a multi-center evaluation of 62 cases (2010–2020). *Frontiers in Veterinary Science*, 9. <https://doi.org/10.3389/fvets.2022.879179>

32. Valchev, I., Binev, R., Yordanova, V., & Nikolov, Y. (2008). Anticoagulant Rodenticide Intoxication in Animals - A review. *Turkish Journal of Veterinary & Animal Sciences*, 32, 237–243.
33. Waddell, L. S., Poppenga, R. H., & Drobatz, K. J. (2013). Anticoagulant rodenticide screening in dogs: 123 cases (1996–2003). *Journal of the American Veterinary Medical Association*, 242 (4), 516–521. <https://doi.org/10.2460/javma.242.4.516>
34. Ware, K. M., Feinstein, D. L., Rubinstein, I., Weinberg, G., Rovin, B. H., Hebert, L., Muni, N., Cianciolo, R. E., Satoskar, A. A., Nadasdy, T., & Brodsky, S. V. (2015). Brodifacoum induces early hemoglobinuria and late hematuria in rats: novel rapid biomarkers of poisoning. *American Journal of Nephrology*, 41 (4–5), 392–399. <https://doi.org/10.1159/000433568>
35. Zhu, L., Liu, L., Du, L., Hao, J., Ma, J., Zhu, J., & Gong, W. (2022). Establishment and validation of anticoagulant rodenticides in animal samples by HPLC-MS/MS, focusing on evaluating the effect of modified QuEChERS protocol on matrix effect reduction. *ACS Omega*, 7 (21), 18146–18158. <https://doi.org/10.1021/acsomega.2c01863>

ORCID

- | | |
|---|---|
| N. Kanivets  | https://orcid.org/0000-0001-9520-2999 |
| S. Kravchenko  | https://orcid.org/0000-0002-7420-9320 |
| N. Dmytrenko  | https://orcid.org/0000-0001-5336-2361 |
| O. Deviatko  | https://orcid.org/0000-0002-7834-7472 |
| S. Kulynych  | https://orcid.org/0000-0003-1660-643X |
| O. Deleichuk  | https://orcid.org/0009-0004-1420-1310 |



2025 Kanivets N. et al. This is an open-access article distributed under the Creative Commons Attribution License <http://creativecommons.org/licenses/by/4.0>, which permits unrestricted use, distribution, and reproduction in any medium, provided the original author and source are credited.