



VETERINARY TRANSFUSIOLOGY IN THE HISTORICAL CONTEXT

O.M. Denysova, K.R. Hrebeniuk, T.I. Yakimenko, N.I. Hladka,
V.O. Prykhodchenko, G.F. Zhegunov, K.D. Ugai
State Biotechnological University, Kharkiv, Ukraine,
E-mail: denysova78@gmail.com

Annotation. Modern veterinary transfusiology is a critically important field that significantly influences the quality of medical care available for animals. This is especially relevant for service animals that work in conflict zones or emergency situations, where the need for immediate blood transfusion may be life-saving. Research into the development of this field shows how advances in scientific knowledge and technology have substantially improved blood transfusion practices in veterinary medicine, enhancing survival rates for patients. The objective of this work is to trace the evolution of blood transfusion methods from early experiments in the 17th century to modern techniques, to reveal the significance of blood grouping in reducing incompatibility risks, and to assess the role of component therapy and cryopreservation in preserving donor blood. The study demonstrated that the historical development of transfusion practices in veterinary medicine has laid the foundation for creating modern methods that greatly improve treatment effectiveness and animal safety. The introduction of blood group identification and component therapy has reduced incompatibility risks, achieved through accumulated scientific knowledge and numerous experiments. Cryopreservation of donor blood has been a particularly important step, enabling the creation of reserves for emergency assistance, which is essential in veterinary practice. Thanks to this, veterinary medicine today can effectively use donor blood components, provide more reliable and faster help in cases of blood loss and other critical conditions. The historical overview of the development of veterinary transfusion underlines the importance of further research in this field. This is necessary to improve blood preservation methods, reduce infection risks, and ensure the availability of donor blood in emergency cases. The obtained results make a valuable contribution to developing high standards of safety and effectiveness in animal treatment.

Key words: *blood transfusion, transfusion therapy, transfusion medicine, history of transfusion medicine.*

ВЕТЕРИНАРНА ТРАНСФУЗІОЛОГІЯ В ІСТОРИЧНОМУ КОНТЕКСТІ

**О.М. Денисова, К.Р. Гребенюк, Т.І. Якименко, Н.І. Гладка,
В.О. Приходченко, Г.Ф. Жегунов, К.Д. Югай**

Державний біотехнологічний університет, м. Харків, Україна,

E-mail: denysova78@gmail.com

Анотація. Сучасна ветеринарна трансфузіологія є критично важливим напрямом лікування та підтримки життя тварин, що розширює можливості надання якісної медичної допомоги. Особливо це актуально для службових тварин, що працюють у зонах бойових дій або надзвичайних ситуацій, де потреба у негайному переливанні крові може бути життєво необхідною. Дослідження розвитку цієї галузі демонструє, що розширення наукових знань і технологій суттєво вдосконалило методи переливання крові у ветеринарії, що підвищує шанси на виживання пацієнтів. Робота має на меті простежити еволюцію методів переливання крові від ранніх експериментів XVII ст. до сучасних методик, розкрити значення груп крові у зниженні ризиків несумісності, оцінити роль компонентної терапії та кріоконсервування для збереження донорської крові. Дослідження продемонструвало, що історичний розвиток трансфузійної практики у ветеринарії став основою для створення сучасних методів, які значно підвищують ефективність лікування та безпеку для тварин. Впровадження визначення груп крові та компонентної терапії дозволило зменшити ризики несумісності, що було досягнуто завдяки накопиченим науковим знанням та численним експериментам. Кріоконсервування донорської крові стало особливо важливим кроком, дозволяючи створювати резерви для невідкладної допомоги, що є життєво необхідним у ветеринарній практиці. Завдяки цьому сьогодні ветеринарна медицина має можливість ефективно використовувати компоненти донорської крові, забезпечуючи більш надійну та швидку допомогу у випадках крововтрати та інших критичних станів. Історичний огляд розвитку трансфузійної ветеринарії підкреслює важливість подальших досліджень у цій галузі. Це необхідно для вдосконалення методів збереження крові, зниження ризиків інфекцій та забезпечення доступності донорської крові у випадках невідкладної допомоги. Отримані результати є цінним внеском у розвиток високих стандартів безпеки та ефективності в лікуванні тварин.

Ключові слова: *переливання крові, трансфузійна терапія, трансфузійна медицина, історія трансфузійної медицини.*

Вступ. Втрата крові під час військових конфліктів завжди залишалася однією з основних причин загибелі поранених, як серед людей, так і серед тварин. Особливо це стосується службових собак, які виконують критично важливі завдання на полі бою, включаючи пошук та порятунок, а також евакуацію постраждалих (Miller et al. 2018; Evernham et al., 2024). В умовах сучасних конфліктів ветеринарна медицина стикається з новими викликами, одним із яких є трансфузія крові (Taylor, 2009; Edwards et al., 2021). Це не просто технічна процедура; вона є життєво важливим етапом лікування тварин, що дозволяє врятувати їхнє життя під час травм, хірургічних втручань чи лікування анемії.

Ветеринарна трансфузіологія — це спеціалізований розділ ветеринарної медицини, що вивчає процеси переливання крові та її компонентів, визначає типи крові у різних видів тварин, а також досліджує питання сумісності та посттрансфузійних реакцій. Це важлива частина ветеринарної практики, оскільки знижує ризики, пов'язані з великими крововтратами та забезпечує необхідну підтримку організму під час критичних станів. Історично, кров завжди привертала увагу людства. У давні часи їй приписували магичні властивості: люди пили кров загиблих воїнів, вірячи, що це надає їм сили та мужності. Лікарі стародавності вважали, що баланс крові є важливим для здоров'я, і використовували

кровопускання для лікування багатьох захворювань. Ці ранні уявлення про кров і трансфузію мали значний вплив на формування медичних практик (Greenwalt, 1997).

Трансфузії крові у тварин почали практикуватися лише після детального вивчення системи кровообігу в XVII ст. (Hale, 1995). Відкриття системи крові DEA стало важливим кроком до забезпечення безпеки та ефективності процесу переливання. Сучасні підходи до трансфузійної терапії включають не тільки технічні аспекти, але й етичні питання, пов'язані з добробутом тварин (Conversy et al., 2013). Дослідження історії ветеринарної трансфузіології є надзвичайно важливим для розуміння сучасних досягнень у цій галузі. Історичний досвід накопичення знань про процеси переливання крові та вивчення її компонентів відкриває перед сучасними ветеринарами нові можливості, які раніше здавалися неможливими. Ранні дослідження та експерименти, починаючи з XVII ст., заклали основу для сучасних методик трансфузійної терапії (Yagi & Holowaychuk, 2016). Без цих історичних досягнень і поступового вдосконалення методів переливання крові неможливо було б досягти нинішнього рівня безпеки та ефективності у ветеринарній трансфузіології.

Знання історії дозволяє ветеринарам і дослідникам критично оцінювати та вдосконалювати сучасні методи, уникаючи помилок минулого. Історія трансфузіології – це також історія наукових інновацій, випробувань та помилок, що поступово привели до розробки надійних протоколів, визначення сумісності крові та створення банків крові для тварин. Вивчення цих історичних етапів дає змогу краще розуміти, які аспекти є найбільш важливими для досягнення успішного результату при лікуванні тварин сьогодні. Окрім того, історія трансфузіології ілюструє еволюцію ставлення людства до тварин та їхнього добробуту. Якщо в минулому головний акцент робився на технічні аспекти переливання, то сьогодні все більше уваги приділяється саме гуманним аспектам, включаючи покращення якості життя тварин. Таким чином, історичні знання допомагають ветеринарній науці зберігати баланс між технічними досягненнями та етичними стандартами.

Мета роботи. Встановити основні етапи становлення та розвитку ветеринарної трансфузіології, визначити її еволюційні досягнення та значення трансфузійної терапії у сучасному лікуванні тварин. Стаття спрямована на вивчення основних етапів становлення цієї галузі медицини, від ранніх практик переливання крові до сучасних методів та технологій, що використовуються у ветеринарії.

Результати досліджень та їх обговорення. Донорство (від лат. *donare* – дарувати) крові та її компонентів має довгу історію. У 1628 р. англійський лікар В. Гарвей зробив революційне відкриття про кровообіг у людському організмі, що стало фундаментом для подальших досліджень у медицині (Lotterman & Sharma, 2023). Його теорія кровообігу заклала основи для розуміння циркуляції крові, відкривши шлях до розвитку практики переливання крові. Вже невдовзі після цього була здійснена перша спроба переливання крові, що започаткувало нову еру в медицині та ветеринарії. Спочатку ці експерименти проводилися на тваринах. У 1665 р. англійський лікар Р. Лоуер став першим, хто успішно здійснив переливання крові між собаками, одночасно вивчаючи групи крові тварин (Fastag et al., 2013). Р. Лоуер провів експеримент, у ході якого повністю ексангвінував собаку, довівши її до стану критичної втрати крові, а потім з'єднав шийні артерії цієї тварини з яремною веною іншої. Це було перше успішне переливання крові, під час якого реципієнт швидко почав одужувати, активно рухаючись і не демонструючи ознак болю. Досвід Р. Лоуера ознаменував початок розвитку трансфузій як методу реанімації, незважаючи на складнощі, пов'язані з проблемами згортання крові в попередніх спробах.

У 1667 р. Р. Лоуер та французький лікар Ж.Б. Дені незалежно один від одного зробили важливий крок у розвитку трансфузійної медицини, провівши переливання крові між різними видами – від тварин до людей (Lower, 2002; Jaulin & Lefrère, 2010). Р. Лоуер і Ж.Б. Дені здійснили переливання баранячої крові пацієнтам. Ж.Б. Дені, наприклад, здійснив переливання 15-річному хлопчикові, який страждав на лихоманку, і після процедури спостерігав покращення стану дитини.

Однак такі процедури не завжди завершувалися успішно. Під час другого переливання, яке Ж.Б. Дені провів барону Бонду, синові шведського прем'єр-міністра, результати були невтішними, і хворий не був вилікуваний (Greenwalt, 1997). У тому ж році Ж.Б. Дені здійснив знакове переливання телячої крові 34-річному А. Моруа, який після першого переливання почав виглядати спокійнішим. Але після другого переливання у А. Моруа з'явилися важкі ускладнення: біль, носова кровотеча та темна сеча, що вказували на гострий гемоліз. Пацієнт помер через кілька днів, і дружина звинуватила Ж.Б. Дені в його смерті, що призвело до судового процесу. Хоча лікар був виправданий, цей випадок призвів до введення заборони на переливання крові у Франції та інших країнах, що на 150 років уповільнило прогрес у розвитку трансфузійної медицини (Bird, 1971).

У 18 ст. була визнана цінність трансфузії для пацієнтів із тяжкими пораненнями та кровотечами. У 1749 р. член Паризького факультету Кантвелл висловив думку, що переливання крові не повинно бути забороненим у безвихідних ситуаціях. У 1788 р. М. Роза опублікував результати дослідження, яке підтверджувало, що для успішної реанімації тварин у стані важкого шоку необхідно використовувати цільну кров, а не сироватку (Greenwalt, 1997).

У 1795 р. у США американський лікар Ф.С. Фізик провів першу трансфузію крові від людини до людини, хоча дані про цю процедуру не були опубліковані. У 1818 р. британський акушер Д. Бланделл здійснив перше успішне переливання людської крові пацієнтці, яка страждала від післяпологової кровотечі, використовуючи в якості донора чоловіка пацієнтки (Dzik, 2018). З 1825 по 1830 рр. Дж. Бланделл провів 10 трансфузій, п'ять з яких були успішними. Це стало одним із перших успішних переливань крові від людини до людини.

Дж. Бланделл також опублікував результати своїх досліджень та розробив перші зручні інструменти для взяття та переливання крові. Для проведення переливань він використовував латунний шприц, а згодом створив інструмент під назвою «імпелер» – лійкоподібний пристрій, який використовувався до кінця XIX ст. Хоча Дж. Бланделл виступав проти переливання крові тварин людям, ця практика залишалася поширеною в медичній практиці (Kilduffe & DeBakey, 1942).

Проте повідомлення про переливання крові залишалися рідкісними, оскільки згортання крові становило звичайну перешкоду при проведенні цієї процедури. У коледжі Святого Георгія в Лондоні в 1840 р. С.А. Лейн, під керівництвом Дж. Бланделла, провів перше успішне переливання крові для лікування гемофілії (Ellis, 2005). Наприкінці 1800-х рр. різні лікарі провели значну роботу з вивчення наслідків переливання крові різних видів. У 1867 р. англійський хірург Д. Лістер вперше застосував антисептики для запобігання інфекцій під час переливань крові.

Системи груп крові АВО. У 1900 р. австрійський дослідник К. Ландштейнер відкрив групи крові у людей, що стало революційним досягненням у медицині (Tan & Graham, 2013). Це відкриття заклало основу для підбору крові перед переливанням, що значно підвищило безпеку трансфузійних процедур. Натомість переливання крові між людьми в цей період часто проходило без серйозних ускладнень, що частково можна пояснити низькою ймовірністю несумісності за системою АВО серед випадкових донорів у європейській популяції (близько 35,6 %). Проте деякі випадки все ж призводили до смертельних наслідків, які не могли бути пояснені на той час. Ситуація змінилася лише з відкриттям К. Ландштейнером системи груп крові, що дозволило значно покращити результати переливань завдяки тестуванню сумісності крові донорів і реципієнтів (Bertsch et al., 2019). За свої відкриття К. Ландштейнер отримав Нобелівську премію у 1930 р. (Noor & Siti, 2024).

Колеги К. Ландштейнера, А. Кастелло і А. Стурла, у 1902 р. додали до списку груп крові четверту – АВ (Hosgood, 1900; Boulton, 2013). У 1907 р. Гектоен зробив припущення, що безпека трансфузій може бути вдосконалена, якщо кров донора і реципієнта перевіряти на сумісність, щоб уникнути ускладнень (Greenwalt, 1997).

Відкриття групи крові АВ стало важливим стимулом для вивчення аналогічних систем у ветеринарній медицині. Перші групи крові у собак були ідентифіковані у 1910 р. німецькими дослідниками Фон Дангерном і Гіршфельдом (цитуються як Swisher and Young), які виявили чотири групи крові на основі імунних ізоаглютининів (Young et al., 1952; Swisher & Young, 1961). Пізніше, у 1950-х р. Swisher and Young розширили знання про собачі групи крові, описавши антигени, що відповідають системам А, В, С, D, E, F і G. Міжнародні семінари, проведені у 1972 та 1974 рр., мали на меті стандартизацію системи груп крові собак, внаслідок чого була введена номенклатура собачих еритроцитарних антигенів (DEA). Наразі ця система включає антигени DEA 1.1, DEA 1.2, DEA 3, DEA 4, DEA 5 та DEA 7 (Bank et al., 2023).

Ізоаглютиніни вперше були виявлені у кішок у 1915 р., але антигени еритроцитів котів, позначені як O та EF, не були описані до 1950 р. Ці антигени знову були охарактеризовані у 1962 р. та отримали позначення А і В.Л. Ауер і К. Белл у 1980 р. надали подальшу характеристику груп крові, визначивши систему АВ з типами А, В та АВ, яка залишається актуальною до сьогодні (Auer & Bell, 1981). Вони також стали першими, хто описав реакції переливання крові, що виникають внаслідок природних ізоантител у несумісних за групами крові котів. Системи груп крові були описані у людей і тварин протягом більш ніж століття, і, незважаючи на це, процес відкриття та опису ще далекій від завершення. Сфера ветеринарної трансфузіології опиняється в особливо цікавій ситуації, що не відрізняється від тих подій, які відбувалися десятиліття тому у сфері трансфузіології людини.

На початку ХХ ст. розвиток трансфузіології значно просунувся завдяки низці відкриттів, що зробили переливання крові безпечнішим і ефективнішим процесом. У 1907 р. американський лікар Р. Йорк уперше провів переливання крові з використанням методу перехресної сумісності. Він продемонстрував, що підбір крові донора і реципієнта за групами значно знижує ризик ускладнень, які раніше супроводжували процедури переливання. Водночас Л. Оттенберг зазначив, що групи крові успадковуються за принципами Менделя, та впровадив поняття «універсального донора» для людей із першою групою крові, яка підходила всім реципієнтам (Greenwalt, 1997).

Незважаючи на те, що підбір крові значно знизив ризик посттрансфузійних реакцій, на початку ХХ ст. проблема згортання крові залишалася серйозною перешкодою для розвитку трансфузіології. Зокрема, ризик тромбоутворення був високим при контакті крові з будь-якими поверхнями, окрім ендотелію судин. У разі виникнення тромбів у трансфузійних канюлях існувала ймовірність їх потрапляння в кровообіг і розвитку легеневої емболії. Саме через це переливання крові не набуло широкого застосування, особливо на тлі зростаючої популярності інфузій ізотонічних сольових розчинів, які знижували ризик тромбозу.

У 1908 р. французький хірург А. Каррель запропонував нову методику для тварин, яка дозволила обійти проблему згортання крові. Він розробив техніку з'єднання артерій із венами, створюючи безперервну ендотеліальну поверхню, що запобігала утворенню тромбів і дозволяла крові вільно текти між судинами. Цей метод, відомий як прямий метод або анастомоз, став основою для подальшого розвитку техніки прямого переливання крові. Незважаючи на те, що цей метод не прижився у практиці переливання крові, він відіграв важливу роль у розвитку трансплантології. За свої досягнення А. Каррель отримав Нобелівську премію в 1912 р. (Yagi & Holowaychuk, 2016).

На початку 1900-х рр. інтенсивно досліджувались методи профілактики згортання крові. Часткове уповільнення згортання вдалося досягти за допомогою судин, покритих парафіном. Деякі дослідники експериментували з гірудином – антикоагулянтом, отриманим з п'явок. Проводилися випробування гірудину на собаках, одна з яких загинула. Водночас інші дослідники активно шукали ефективні антикоагулянти для збереження крові. Спочатку експериментували з різними речовинами, включаючи фосфат натрію, сульфат амонію та бікарбонат натрію. Однак переливання з цими антикоагулянтами не

завжди були успішними. У 1890 р. Н.М. Артюс виявив, що цитрат натрію може зберігати кров у рідкому стані протягом тривалого часу (Arthus & Pagès, 1890). Це відкриття стало основою для подальших досліджень.

Нарешті, у 1914 р. Р. Левісон вперше застосував цитрат натрію як антикоагулянт для непрямого переливання крові в лікарні Маунт Синай у Нью-Йорку. Цей прорив дав можливість зберігати донорську кров, але на широке використання цитрату знадобилося ще близько десяти років (Mollison, 2000). У 1916 р. Ф. Рос та Д.Р. Турнер удосконалили цю технологію, додаючи до розчину цитрату натрію глюкозу, що дозволяло зберігати кров протягом кількох днів після забору. Вони також запровадили використання закритих контейнерів для зберігання крові, що зробило процес ще безпечнішим (Rous & Turner, 1916).

Після успішного використання цитрату натрію як антикоагулянта для зберігання донорської крові, вчені звернули увагу на необхідність розробки нових розчинів, які б подовжували терміни зберігання еритроцитів, зберігаючи їх функціональність і життєздатність. У 1940-х рр. значний прогрес був досягнутий завдяки створенню цитрат-декстрозних (ACD) розчинів (Orlina & Josephson, 1969). Ці розчини містили ацидофільну форму цитрату натрію разом із декстрозою, що дозволило уникнути проблеми карамелізації, яка виникала під час автоклавування традиційних розчинів з декстрозою.

У 1930-х рр. у Радянському Союзі було створено першу систему зберігання донорської крові, що поклало початок організованій донорській службі. Одним із важливих нововведень того часу стало впровадження компонентної терапії, що дозволила використовувати не тільки цільну кров, а й її окремі компоненти, такі як плазма. У 1937 р. в США (м. Чикаго) було відкрито перший банк крові, де вперше проводилися організовані процедури зберігання (Hess, 2006). У цей час О.Х. Робертсон заснував банк крові в армійському госпіталі США, використовуючи автоклавовані набори для збору крові, які забезпечували зберігання до 800 мл з додаванням 3,8% цитрату натрію (Robertson, 1918). Б. Фантус описав збір 500 мл крові з 2,5% цитратом натрію, що зберігалася при температурі 4-6 °С, протягом 4-5 днів. У 1940-х рр. розробили кислотно-цитратні розчини декстрози, які продовжили термін зберігання еритроцитів до 21 дня. Згодом, у 1960 р., введення розчинів, що містять аденін, збільшило термін зберігання до 42 днів. Ці досягнення суттєво поліпшили можливості зберігання еритроцитів, зменшуючи потребу в свіжій цільній крові.

Паралельно з розвитком гемотрансфузії у медицині, подібні підходи почали застосовуватися у ветеринарії. Перші спроби переливання крові у тварин були здійснені під час Першої світової війни, коли для порятунку полкових коней переливали кров від одного коня до іншого (Cotter, 1991; Schneider, 2003). У 1930-х рр. ці методи були застосовані для прикордонних собак, а після Другої світової війни – для домашніх тварин, зокрема котів та собак (Boulton, 2015). Протягом Другої світової війни масові переливання крові стали необхідністю в медицині, що також вплинуло на військову ветеринарію, де аналогічні підходи використовувалися для порятунку поранених службових тварин. Після цього, ветеринарна медицина активно почала переймати стандарти донорства та консервування крові, що сформувались у людській медицині.

У 1960-х рр. як у медицині, так і у ветеринарії практикували переливання крові без обов'язкового підбору груп крові, що не завжди враховувало індивідуальні особливості організмів. Це призводило до підвищеного ризику виникнення небажаних реакцій, зокрема гемолізу. Незважаючи на це, даний підхід дозволив розширити практику застосування переливання крові у ветеринарії.

Важливим кроком у розвитку ветеринарної трансфузіології стало впровадження у 1980-х рр. компонентної терапії, що дозволило використовувати окремі компоненти крові для лікування. У цей період в США з'явилися перші банки крові для тварин, створені в університетах та клініках швидкої ветеринарної допомоги (Diamond, 1980; Klein, 2017). Це стало ключовим етапом у розвитку ветеринарної медицини, адже тепер з'явилася

можливість зберігати та використовувати компоненти донорської крові, що суттєво зменшувало ризики та покращувало ефективність лікування (Davidow, 2013).

У 2018 р. в Україні були створені перші банки крові для тварин у Києві та Одесі, що стало важливим етапом у розвитку ветеринарної медицини країни. Ці установи забезпечують можливість зберігання донорської крові та надання необхідної допомоги домашнім тваринам. З часом кількість банків крові для тварин збільшилася, і зараз вони діють у таких містах, як Харків, Львів та Дніпро. Це суттєво розширило доступ до якісної медичної допомоги, зокрема для проведення трансфузій, підвищивши ефективність лікування тварин, особливо в екстрених випадках.

Сучасні практики застосування компонентної терапії в Україні включають використання еритроцитів, свіжозамороженої плазми та інших компонентів, що забезпечує більше можливостей для лікування тварин у критичних станах (Malyuk et al. 2023; Малюк, 2023). Використання окремих компонентів дозволяє лікарям адаптувати лікування відповідно до конкретних потреб пацієнтів, покращуючи результативність і безпеку трансфузій. Цей підхід також знижує ризики можливих ускладнень, таких як імунні реакції або інфекційні захворювання, що робить процедуру переливання крові більш надійною та ефективною.

З початком розвитку банків крові для тварин у ветеринарній практиці постало питання тривалого зберігання компонентів крові, яке не могло бути вирішене лише стандартними методами охолодження. Кріоконсервування стало наступним логічним кроком у розвитку ветеринарної трансфузіології, дозволяючи значно продовжити терміни зберігання крові без втрати її функціональних якостей (Scott et al., 2005). Кріоконсервування, або заморожування з використанням кріопротекторів, забезпечує тривале зберігання еритроцитів, плазми та інших компонентів крові при дуже низьких температурах (до -196°C у рідкому азоті). Ця технологія вже активно використовується в медицині, проте її адаптація до ветеринарії вимагає розробки специфічних методів і протоколів для різних видів тварин, враховуючи їх фізіологічні відмінності (Zhegunov et al., 2022).

На початку впровадження методів кріоконсервування особливу увагу приділяли дослідженню кріопротекторів, таких як гліцерол, диметилсульфоксид (ДМСО) та поліетиленгліколь (Sputtek et al., 1994; Liu et al., 2002; Kim et al., 2004; Denisova et al., 2005; Pogozykh et al., 2017; Hon et al. 2020; Denysova & Zhegunov, 2021). Ці речовини допомагають мінімізувати утворення льодових кристалів, що пошкоджують мембрани клітин, зберігаючи їх структуру та функціональні властивості після розморожування. Важливою перевагою кріоконсервування є можливість створення стратегічних запасів донорської крові для тварин. Це особливо актуально в екстрених ситуаціях, коли необхідно негайно провести трансфузію, але під рукою немає свіжої крові. Кріоконсервовані еритроцити можуть бути розморожені та використані в будь-який момент, що суттєво підвищує шанси на успішне лікування.

У 1990-х рр. почали з'являтися перші спеціалізовані лабораторії, де проводилися дослідження з кріоконсервування компонентів крові для різних видів тварин. Це стало можливим завдяки використанню сучасних технологій охолодження та заморожування, які дозволяли точно контролювати процес заморожування та подальшого зберігання. Важливим досягненням стало створення автоматизованих систем кріоконсервування, які мінімізували людський фактор і підвищили якість збережених компонентів.

Дослідження в галузі низькотемпературного зберігання клітин крові в наш час активно проводяться у світі (Lagerberg, 2021; Murray et al., 2022; Hu et al., 2023). Сучасні наукові розробки доводять перспективи цього напрямку у сфері біології та проведення трансфузії з метою лікування людей і тварин. Кріоконсервування еритроцитів тварин дозволяє зберігати та отримувати якісні клітини для їх використання в ветеринарній практиці.

Історія трансфузійної терапії у ветеринарії налічує більше ста років, починаючи з ранніх експериментів, коли ветеринарні лікарі вперше почали використовувати переливання крові для лікування хворих тварин. Хоча ці ранні спроби мали обмежений успіх, вони заклали основу для подальших досліджень у цій важливій галузі. Впровадження компонентної терапії в 1980-х рр. стало знаковим етапом у трансфузійній практиці, оскільки це дозволило лікарям використовувати окремі компоненти крові для лікування різноманітних станів. Сучасні банки крові для тварин, що з'явилися в університетах і клініках, забезпечують можливість зберігати і ефективно використовувати донорську кров, що значно знижує ризики та підвищує ефективність лікування, особливо в екстрених випадках.

Висновки.

Розвиток трансфузійної ветеринарної медицини пройшов значний шлях від перших випадків переливання крові до сучасних методик використання компонентів крові та кріоконсервування. Базуючись на численних дослідженнях, було доведено, що переливання крові є життєво важливим методом лікування, особливо для службових та спортивних тварин, які піддаються значним фізичним навантаженням. Упровадження компонентної терапії та створення перших банків крові для тварин стали революційними кроками, що дозволили використовувати донорську кров більш раціонально та ефективно.

У сучасних умовах трансфузійна допомога для тварин стала значно доступнішою завдяки розширенню мережі банків крові в різних країнах, включаючи Україну, де перші банки крові для тварин з'явилися лише нещодавно. Це створило нові можливості для своєчасного надання допомоги у випадках травм, хвороб та екстрених ситуацій. Важливо підкреслити, що технології зберігання крові та її компонентів, особливо кріоконсервування, відкривають можливості для створення стратегічних запасів, що є актуальним для службових та екзотичних тварин, які потребують спеціалізованої медичної підтримки.

Таким чином, завдяки досягненням у сфері трансфузійної ветеринарної медицини клініцисти мають змогу надавати якісну медичну допомогу більшій кількості тварин, що сприяє покращенню рівня ветеринарної медицини загалом. Подальші дослідження у сфері кріоконсервування та розширення мережі банків крові для тварин можуть ще більше підвищити ефективність і доступність таких методів лікування.

References

- Arthus, M., & Pagès, C. (1890). Nouvelle théorie chimique de la coagulation du sang. *Archives de Physiologie Normale et Pathologique Paris*, 2 (series 5), 739–746.
- Auer, L., & Bell, K. (1981). The AB blood group system of cats. *Animal Blood Groups and Biochemical Genetics*, 12(4), 287–297. <https://doi.org/10.1111/j.1365-2052.1981.tb01561.x>
- Bank, A.S., Farrell, K.S., & Epstein, S.E. (2023). Prevalence of dog erythrocyte antigen 1 in a population of dogs tested in California. *Journal of Veterinary Emergency and Critical Care (San Antonio)*, 33(2), 267–271. <https://doi.org/10.1111/vec.13263>
- Bertsch, T., Lüdecke, J., Antl, W., & Nausch, L.W.M. (2019). Karl Landsteiner: The discovery of the ABO blood group system and its value for teaching medical students. *Clinical Laboratory*, 65(6). <https://doi.org/10.7754/Clin.Lab.2018.181218>
- Bird, G.W. (1971). The history of blood transfusion. *Injury*, 3(1), 40–44. [https://doi.org/10.1016/s0020-1383\(71\)80138-9](https://doi.org/10.1016/s0020-1383(71)80138-9)
- Boulton, F. (2013). Blood transfusion; additional historical aspects. Part 1. The birth of transfusion immunology. *Transfusion Medicine*, 23(6), 375–381. <https://doi.org/10.1111/tme.12075>
- Boulton, F. (2015). Blood transfusion and the World Wars. *Medicine, conflict, and survival*, 31(1), 57–68. <https://doi.org/10.1080/13623699.2015.1023684>

- Conversy, B., Blais, M.-C., Carioto, L., & Beaudoin, J. (2013). Comparison of gravity collection versus suction collection for transfusion purposes in dogs. *Journal of the American Animal Hospital Association*, 49(5), 301–307. <https://doi.org/10.5326/JAAHA-MS-5917>
- Cotter, S. M. (1991). History of transfusion medicine. *Advances in veterinary science and comparative medicine*, 36, 1–8. <https://doi.org/10.1016/b978-0-12-039236-0.50006-0>
- Davidow, B. (2013). Transfusion medicine in small animals. *Veterinary Clinics of North America: Small Animal Practice*, 43, 735–756. <https://doi.org/10.1016/j.cvs.2013.03.007>
- Denisova, O.N., Zhegunov, G.F., & Babijchuk, L.A. (2005). Cryopreservation of animal's erythrocytes under dimethyl sulfoxide, polyethylene oxide and glycerol protection. *Problems of Cryobiology and Cryomedicine*, 15(2), 195–201. Retrieved from <http://cryo.org.ua/journal/index.php/probl-cryobiol-cryomed/article/view/632>
- Denysova, O., & Zhegunov, G. (2021). Cryopreservation of canine erythrocytes using dimethyl sulfoxide, polyethylene glycol and sucrose. *Problems of Cryobiology and Cryomedicine*, 31(1), 38–50. <https://doi.org/10.15407/cryo31.01.038>
- Diamond, L.K. (1980). A history of blood transfusion. In M.M. Wintrobe (Ed.), *Blood, Pure and Eloquent* (pp. 659–688). McGraw-Hill.
- Dzik, S. (2018). James Blundell, obstetrical hemorrhage, and the origins of transfusion medicine. *Transfusion Medicine Reviews*, 32(4), 205–212. <https://doi.org/10.1016/j.tmr.2018.08.003>
- Edwards, T.H., Pusateri, A.E., Mays, E.L., Bynum, J.A., & Cap, A.P. (2021). Lessons learned from the battlefield and applicability to veterinary medicine - Part 2: Transfusion advances. *Frontiers in Veterinary Science*, 8, 571370. <https://doi.org/10.3389/fvets.2021.571370>
- Ellis, H. (2005, August). James Blundell, pioneer of blood transfusion. *British Journal of Hospital Medicine*, 68(8), 447. <https://doi.org/10.12968/hmed.2007.68.8.24500>
- Evernham, E.L., Fedeles, B.T., & Knuf, K. (2024). Development and implementation of a standard operating procedure for military working dog blood collection, storage, and transport. *Journal of Special Operations Medicine*, 13(Mar), BLVF-5C1M. <https://doi.org/10.55460/BLVF-5C1M>
- Fastag, E., Varon, J., & Sternbach, G. (2013). Richard Lower: The origins of blood transfusion. *The Journal of Emergency Medicine*, 44(6), 1146–1150. <https://doi.org/10.1016/j.jemermed.2012.12.015>
- Greenwalt, T.J. (1997). A short history of transfusion medicine. *Transfusion*, 37(5), 550–563. <https://doi.org/10.1046/j.1537-2995.1997.37597293889.x>
- Hale, A.S. (1995). Canine blood groups and their importance in veterinary transfusion medicine. *Veterinary Clinics of North America: Small Animal Practice*, 25(6), 1323–1332. [https://doi.org/10.1016/s0195-5616\(95\)50157-3](https://doi.org/10.1016/s0195-5616(95)50157-3)
- Hess J.R. (2006). An update on solutions for red cell storage. *Vox sanguinis*, 91(1), 13–19. <https://doi.org/10.1111/j.1423-0410.2006.00778.x>
- Hon, M., Thomovsky, E.J., Brooks, A.C., & Johnson, P.A. (2020). Cryopreservation of feline red blood cells in liquid nitrogen using glycerol and hydroxyethyl starch. *Journal of Feline Medicine and Surgery*, 22(4), 366–375. <https://doi.org/10.1177/1098612X19850932>
- Hosgood G. (1990). Blood transfusion: a historical review. *Journal of the American Veterinary Medical Association*, 197(8), 998–1000.
- Hu, Y., Liu, X., Ekpo, M. D., Chen, J., Chen, X., Zhang, W., Zhao, R., Xie, J., He, Y., & Tan, S. (2023). Dimethylglycine can enhance the cryopreservation of red blood cells by reducing ice formation and oxidative damage. *International Journal of Molecular Sciences*, 24(7), 6696. <https://doi.org/10.3390/ijms24076696>
- Jaulin, P., & Lefrère, J.J. (2010). Les premières transfusions sanguines en France (1667–1668) [First French transfusions (1667–1668)]. *Transfusion Clinique et Biologique*, 17(4), 205–217. <https://doi.org/10.1016/j.tracli.2010.05.001>
- Kilduffe, R.A., & DeBaakey, M. (1942). *The blood bank and the technique and therapeutics of transfusions*. St. Louis: C.V. Mosby.

- Kim, H., Tanaka, S., Une, S., Nakaichi, M., Sumida, S., & Taura, Y. (2004). A comparative study of the effects of glycerol and hydroxyethyl starch in canine red blood cell cryopreservation. *Journal of Veterinary Medical Science*, 66(12), 1543–1547. <https://doi.org/10.1292/jvms.66.1543>
- Klein, H.G. (2017). The red cell storage lesion(s): of dogs and men. *Blood Transfusion*, 15(2), 107–111. <https://doi.org/10.2450/2017.0306-16>
- Lagerberg, J.W. (2021). Frozen blood reserves. *Methods in Molecular Biology*, 2180, 523–538. https://doi.org/10.1007/978-1-0716-0783-1_26
- Liu, J., Christian, J.A., & Critser, J.K. (2002). Canine RBC osmotic tolerance and membrane permeability. *Cryobiology*, 44(3), 258–268. [https://doi.org/10.1016/s0011-2240\(02\)00032-9](https://doi.org/10.1016/s0011-2240(02)00032-9)
- Lotterman, S., & Sharma, S. (2023). Blood Transfusion. In *StatPearls*. StatPearls Publishing.
- Lower, R. (2002). An account of the experiment of transfusion, practiced upon a man in London. *Yale Journal of Biology and Medicine*, 75(5–6), 293–297. PMID: 14580110; PMCID: PMC2588804.
- Malyuk, M., Kulida, M., Klymchuk, V., Dovbnya, Y., & Honchar, V. (2023). The effect of transfusion of erythrocyte mass on clinical and haematological indicators of dogs with hemolytic anaemia caused by babesiosis. *Ukrainian Journal of Veterinary Sciences*, 14(4), 126–142. <https://doi.org/10.31548/veterinary4.2023.126>
- Miller, L., Pacheco, G., Janak, J.C., Grimm, R.C., Dierschke, N.A., Baker, J., & Orman, J.A. (2018). Causes of death in military working dogs during Operation Iraqi Freedom and Operation Enduring Freedom, 2001–2013. *Military Medicine*, 183(9–10), e467–e474. <https://doi.org/10.1093/milmed/usx235>
- Mohd Noor, N.H., & Siti Asmaa, M.J. (2024). Karl Landsteiner (1868–1943): A versatile blood scientist. *Cureus*, 16(9), e68903. <https://doi.org/10.7759/cureus.68903>
- Mollison, P.L. (2000). The introduction of citrate as an anticoagulant for transfusion and of glucose as a red cell preservative. *British Journal of Haematology*, 108(1), 13–18. <https://doi.org/10.1046/j.1365-2141.2000.01827.x>
- Murray, A., Congdon, T.R., Tomás, R.M.F., Kilbride, P., & Gibson, M.I. (2022). Red blood cell cryopreservation with minimal post-thaw lysis enabled by a synergistic combination of a cryoprotecting polyampholyte with DMSO/trehalose. *Biomacromolecules*, 23(2), 467–477. <https://doi.org/10.1021/acs.biomac.1c00599>
- Orlina, A.R., & Josephson, A.M. (1969). Comparative viability of blood stored in ACD and CPD. *Transfusion*, 9(2), 62–69. <https://doi.org/10.1111/j.1537-2995.1969.tb04918.x>
- Pogozhykh, D., Pakhomova, Y., Pervushina, O., Hofmann, N., Glasmacher, B., & Zhegunov, G. (2017). Exploring the possibility of cryopreservation of feline and canine erythrocytes by rapid freezing with penetrating and non-penetrating cryoprotectants. *Plos One*, 12(1), e0169689. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0169689>
- Robertson, O.H. (1918). Transfusion with preserved red blood cells. *British Journal of Haematology*, 1(2999), 691–695. <https://doi.org/10.1136/bmj.1.2999.691>
- Rous, P., & Turner, J.R. (1916). The preservation of living red blood cells in vitro : I. Methods of preservation. *The Journal of experimental medicine*, 23(2), 219–237. <https://doi.org/10.1084/jem.23.2.219>
- Schneider W. H. (2003). Blood transfusion between the wars. *Journal of the history of medicine and allied sciences*, 58(2), 187–224. <https://doi.org/10.1093/jhmas/58.2.187>
- Scott, K.L., Lecak, J., & Acker, J.P. (2005). Biopreservation of red blood cells: past, present, and future. *Transfusion Medicine Reviews*, 19(2), 127–142. <https://doi.org/10.1016/j.tmr.2004.11.004>
- Sputtek, A., Singbartl, G., Langer, R., Schleinzler, W., Henrich, H. A., & Kühnl, P. (1994). Kryokonservierung von erythrozyten mit hydroxyethylstärke: In-vivo-ergebnisse im autologen retransfusionsmodell beim menschen [Cryopreservation of erythrocytes using

- hydroxyethyl starch: In vivo results of an autologous retransfusion model in humans]. *Beiträge zur Infusionstherapie und Transfusionsmedizin*, 32, 44–47.
- Swisher, S.N., & Young, L.E. (1961). The blood grouping systems of dogs. *Physiological Reviews*, 41, 495–520. <https://doi.org/10.1152/physrev.1961.41.3.495>
- Tan, S.Y., & Graham, C. (2013). Karl Landsteiner (1868–1943): Originator of ABO blood classification. *Singapore Medicine Journal*, 54(5), 243–244. <https://doi.org/10.11622/smedj.2013099>
- Taylor, W.M. (2009). Canine tactical field care. Part two—Massive hemorrhage control and physiologic stabilization of the volume depleted, shock-affected, or heatstroke-affected canine. *Journal of Special Operations Medicine*, 9(2), 13–21. <https://doi.org/10.55460/v7b3-973p>
- Yagi, K., & Holowaychuk, M.K. (2016). Evolution of veterinary transfusion medicine and blood banking. *Manual of Veterinary Transfusion Medicine and Blood Banking*, 1–12. <https://doi.org/10.1002/9781118933053.ch1>
- Young, I.E., O'Brien, W.A., Swisher, S.N., Miller, G., & Yuile, C.L. (1952). Blood groups in dogs—their significance to the veterinarian. *American Journal of Veterinary Research*, 13(47), 207–213.
- Zhegunov, G., Denysova, O., & Zhegunova, G. (2023). Blood hypothermic storage and erythrocyte cryopreservation in dogs. *Problems of Cryobiology and Cryomedicine*, 32(4), 245–255. <https://doi.org/10.15407/cryo32.04.245>
- Малюк, М.О., Мазуркевич, А.Й., Ткаченко, В.В., Харкевич, Ю.О., Тарнавський, Д.В. (2023). Переливання крові у тварин. Організація банку крові: монографія. 130 с. ISBN 978-617-8351-31-1. <https://dglib.nubip.edu.ua/handle/123456789/10579>