



Ciencia Latina
Internacional

Ciencia Latina Revista Científica Multidisciplinar, Ciudad de México, México.
ISSN 2707-2207 / ISSN 2707-2215 (en línea), mayo-junio 2024,
Volumen 8, Número 3.

https://doi.org/10.37811/cl_rcm.v8i3

ANÁLISIS INVITRO DE PRUEBAS CRUZADAS HETERÓLOGAS ENTRE SANGRE BOVINA Y CANINA

**INVITRO ANALYSIS OF HETEROLOGOUS CROSS TESTS
BETWEEN BOVINE AND CANINE BLOOD**

José Ricardo Salazar Prado

Universidad Técnica de Machala, Ecuador

Lorena Elizabeth Chalco Torres

Universidad Técnica de Machala, Ecuador

Matilde Lorena Zapata Saavedra

Universidad Técnica de Machala, Ecuador

Katiuska Lilibeth Romero Cali

Universidad Técnica de Machala, Ecuador

Jhon Armando Luna Florín

Universidad Técnica de Machala, Ecuador

Isis Gabriela Diaz Sánchez

Universidad Técnica de Machala, Ecuador

DOI: https://doi.org/10.37811/cl_rcm.v8i3.12131

Análisis Invitro de Pruebas Cruzadas Heterólogas entre Sangre Bovina y Canina

José Ricardo Salazar Prado¹

jrsalazar_est@utmachala.edu.ec

<https://orcid.org/0009-0000-7576-1573>

Programa de Maestría en Medicina Veterinaria
mención Clínica y Cirugía de Pequeñas Especies
Universidad Técnica de Machala
Machala, El Oro, Ecuador

Lorena Elizabeth Chalco Torres

mlzapata@utmachala.edu.ec

<https://orcid.org/0000-0003-4046-1736>

Programa de Maestría en Medicina Veterinaria
mención Clínica y Cirugía de Pequeñas Especies
Universidad Técnica de Machala
Machala, El Oro, Ecuador

Matilde Lorena Zapata Saavedra

mlzapata@utmachala.edu.ec

<https://orcid.org/0000-0002-8046-4328>

Programa de Maestría en Medicina Veterinaria
mención Clínica y Cirugía de Pequeñas Especies
Universidad Técnica de Machala
Machala, El Oro, Ecuador

Katiuska Lilibeth Romero Cali

kromero14@utmachala.edu.ec

<https://orcid.org/0000-0001-8550-8927>

Escuela de Medicina Veterinaria
Universidad Técnica de Machala
Ecuador

Johon Armando Luna Florín

jluna@utmachala.edu.ec

<https://orcid.org/0000-0001-8432-9070>

Escuela de Medicina Veterinaria
Universidad Técnica de Machala
Ecuador

Isis Gabriela Diaz Sánchez

jrsalazar_est@utmachala.edu.ec

<https://orcid.org/0000-0009-0009-5652>

Universidad Técnica de Machala
Programa de Maestría en Medicina Veterinaria
mención Clínica y Cirugía de Pequeñas Especies
Machala, El Oro, Ecuador

RESUMEN

Las pruebas de compatibilidad cruzada son esenciales para determinar la compatibilidad serológica entre un paciente y un donante de sangre en medicina veterinaria. Este estudio investigó la viabilidad de la xenotransfusión entre bovinos y caninos mediante pruebas cruzadas in vitro. Se recolectaron muestras de 115 perros y bovinos, procesándolas para pruebas de compatibilidad a diferentes temperaturas. Los resultados demostraron que, en promedio, el 98% de los caninos mostraron entre un 75% y un 100% de compatibilidad con sangre bovina, sugiriendo la viabilidad de la xenotransfusión. El análisis de pruebas cruzadas mayores y menores es esencial para evaluar la compatibilidad serológica. La prueba cruzada mayor verifica la presencia de anticuerpos en el receptor contra los glóbulos rojos del donante, mientras que la menor analiza los anticuerpos en el donante contra los glóbulos rojos del receptor. Este estudio indicó una alta compatibilidad serológica, respaldando la posibilidad de usar sangre bovina en transfusiones de emergencia para perros. La xenotransfusión de sangre de bovinos a caninos podría ser una solución en emergencias cuando la sangre canina no está disponible. Este enfoque podría mejorar significativamente la práctica clínica veterinaria, especialmente en regiones con recursos limitados para bancos de sangre específicos para caninos. A pesar de los resultados prometedores, aún faltan estudios detallados que evalúen los riesgos y beneficios a largo plazo de las transfusiones heterólogas. Concluimos que, aunque las pruebas cruzadas son esenciales para la seguridad transfusional, la investigación debe continuar para superar las limitaciones actuales y optimizar la práctica de la xenotransfusión en medicina veterinaria.

Palabras: pruebas cruzadas, aglutinación, xenotransfusión, hemolisis

¹ Autor principal

Correspondencia: jrsalazar_est@utmachala.edu.ec

In vitro Analysis of Heterologous Cross Tests Between Bovine and Canine Blood

ABSTRACT

Crossmatching tests are essential for determining serological compatibility between a patient and a blood donor in veterinary medicine. This study investigated the viability of xenotransfusion between bovines and canines through in vitro crossmatching tests. Samples from 115 dogs and bovines were collected and processed for compatibility tests at different temperatures. The results demonstrated that, on average, 98% of the canines showed between 75% and 100% compatibility with bovine blood, suggesting the feasibility of xenotransfusion. The analysis of major and minor crossmatching tests is essential for evaluating serological compatibility. The major crossmatch test verifies the presence of antibodies in the recipient against the donor's red blood cells, while the minor test analyzes antibodies in the donor against the recipient's red blood cells. This study indicated a high serological compatibility, supporting the possibility of using bovine blood in emergency transfusions for dogs. Xenotransfusion of bovine blood to canines could be a solution in emergencies when canine blood is not available. This approach could significantly improve veterinary clinical practice, especially in regions with limited resources for specific canine blood banks. Despite the promising results, detailed studies are still needed to evaluate the long-term risks and benefits of heterologous transfusions. We conclude that, although crossmatching tests are essential for transfusion safety, research must continue to overcome current limitations and optimize the practice of xenotransfusion in veterinary medicine.

Keywords: cross-matching tests, agglutination, xenotransfusion, hemolysis

Artículo recibido 20 mayo 2024

Aceptado para publicación: 15 junio 2024



INTRODUCCION

Las pruebas de compatibilidad cruzada pueden ayudar a determinar si un paciente tiene compatibilidad serológica *in vitro* con un donante de sangre potencial. El conocimiento sobre los grupos sanguíneos caninos, su inmunogenicidad y posibles incompatibilidades es esencial en la práctica clínica para llevar a cabo transfusiones seguras, evitando tanto la sensibilización como las reacciones adversas a la transfusión (Tocci & Ewing, 2009; Weinstein et al., 2012).

Las pruebas de compatibilidad cruzada se realizan para reducir el riesgo de reacciones hemolíticas mediadas por el sistema inmunológico y de aloinmunización, extender la vida útil de los glóbulos rojos del donante y aumentar la eficacia de la transfusión sanguínea (Aranidharan et al., 2018). Desde la década de 1950, las transfusiones de sangre han sido una práctica común en la medicina veterinaria, desempeñando un papel crucial en los cuidados intensivos y el tratamiento de emergencia en perros. Aunque estas transfusiones son vitales para salvar vidas, no están exentas de riesgos. Por lo tanto, se han establecido pautas y procedimientos de prueba para garantizar la seguridad de las transfusiones y prevenir posibles complicaciones (Greenwalt et al., 1997; Kumar et al., 2017).

Una transfusión de sangre en caninos es crucial para tratar anemia severa, hemorragias agudas, hemólisis, enfermedades de la médula ósea, coagulopatías y en cirugías de alto riesgo. Estas transfusiones ayudan a mantener niveles adecuados de hemoglobina y restaurar el volumen sanguíneo, asegurando la oxigenación tisular y previniendo complicaciones graves (Arndt, 2015; Hale, 2006).

Las primeras xenotransfusiones documentadas, que implicaban transfusiones entre diferentes especies, fueron llevadas a cabo por Jean-Baptiste Denis en 1667, quien administró sangre de ternero a perros; más tarde, se transfundió sangre de cordero y ternero a seres humanos (Roux et al., 2007). El campo de la transfusión experimentó un cambio significativo con el descubrimiento de los grupos sanguíneos humanos en 1900 (Landsteiner, 1900). A pesar de ello, el interés en la xenotransfusión persiste, con el uso más reciente de sangre de cerdo para seres humanos (Cooper, 2003). Se ha demostrado que la hemoglobina porcina polimerizada purificada se puede transfundir con éxito a perros sin provocar reacciones de aglutinación o hemólisis (Jia et al., 2010).

En diferentes especies, la xenotransfusión, que implica la transferencia de sangre de una especie a otra, se emplea en emergencias.



El ganado vacuno podría ser una fuente ideal para este procedimiento en otras especies debido a su capacidad de donar grandes volúmenes de sangre total (Smith et al., 2021). A pesar de los avances en la medicina veterinaria, las transfusiones sanguíneas entre especies (heterólogas) continúan siendo un área con limitaciones significativas debido a la falta de estudios exhaustivos. La incompatibilidad entre diferentes tipos de sangre puede causar reacciones adversas graves. Por esta razón, es crucial seguir investigando y profundizando en este campo para mejorar la seguridad y eficacia de las transfusiones heterólogas (Birch & Yagi, 2016; Blais, 2016).

El objetivo principal de esta investigación es analizar *in vitro* las pruebas cruzadas entre la sangre de bovinos y caninos para identificar posibles compatibilidades o incompatibilidades. Esta investigación busca contribuir al conocimiento sobre la viabilidad de las transfusiones heterólogas y su impacto en la medicina veterinaria, ofreciendo una base científica para mejorar la seguridad y eficacia de estos procedimientos en situaciones clínicas.

MATERIALES Y METODOS

El estudio estuvo conformado por 115 perros cuyo criterio de inclusión es no haber recibido transfusiones sanguíneas entre un lapso de dos meses. La colecta de muestras fue realizada a partir de punción aséptica desde la vena cefálica, las cuales se transfirieron inmediatamente a un tubo con EDTA y almacenadas a temperatura 5 °C hasta su procesamiento en el Laboratorio de Patología de la Universidad Técnica de Machala.

Se obtuvieron muestras de sangre de bovinos mediante la extracción de sangre de la vena yugular de los animales en el camal municipal de Huaquillas, Ecuador. Estas muestras fueron recogidas en bolsas para transfusiones de sangre estériles, específicamente utilizando el dispositivo comercial Intrafix® SafeSet Blood Transfusion Set,. Luego, las muestras se mantuvieron a una temperatura de 5°C hasta su transporte y procesamiento en el Laboratorio de Patología de la Universidad Técnica de Machala.

Procedimiento para prueba cruzada.

Para comenzar, se etiquetaron los tubos del donante y los receptores; luego se centrifugaron a 2500 rpm durante 5 minutos para separar el plasma del paquete celular. Una vez separado el plasma y almacenado en otro tubo de ensayo, se llevó a cabo el lavado de eritrocitos.

Lavado de Eritrocitos

Primero, se añadieron 0,5 ml de solución salina a los tubos de ensayo previamente separados del plasma, tanto del donante como de los receptores.

Preparación de la suspensión de glóbulos rojos

Se introdujeron 980 microlitros de solución salina al 2% en los tubos de ensayo.

Luego, se añadieron 20 microlitros de glóbulos rojos previamente lavados de cada receptor a la solución preparada.

Este mismo procedimiento se repitió con los glóbulos rojos del donante, antes de llevar a cabo una centrifugación.

A continuación, se llevaron a cabo las pruebas cruzadas tanto para el grupo sanguíneo mayor como para el menor.

Prueba cruzada mayor

Se depositó una gota de sangre del donante (suspensión de glóbulos rojos) y una gota de plasma del receptor en un portaobjetos a temperatura ambiente y se evaluó el grado de aglutinación a nivel macroscópico como microscópico.

Este mismo procedimiento se repitió en portaobjetos a temperaturas ambiente, 37°C y 5°C.

Prueba cruzada menor

Para esta prueba, se colocó una gota de sangre del receptor (suspensión de glóbulos rojos) y una gota de plasma del donante en un portaobjetos a temperatura ambiente, 37°C y 5°C, y luego se observó bajo el microscopio para detectar la presencia de aglutinación.

La lectura de la muestra se llevó a cabo de la siguiente manera:

Primero, se examinó la muestra para detectar hemólisis observando la presencia de hemoglobina libre en el sobrenadante, comparando el color del sobrenadante de la muestra con el del control.

Luego, se examinó la muestra para detectar hemaglutinación agitando suavemente el tubo y observando la formación de un botón o agrupación de células.

Todas las pruebas que se consideraron macroscópicamente negativas para la hemaglutinación se confirmaron microscópicamente con un aumento bajo (10X).

El porcentaje de compatibilidad (ausencia de aglutinación) fue determinado de la siguiente manera:

Tabla I. Determinación de los porcentajes de compatibilidad cruzada *in vitro* entre receptores de sangre y plasma caninos (115) y donantes de sangre y plasma de bovinos (115)

Prueba Mayor	Prueba Menor	Porcentaje de compatibilidad
Positivo	Positivo	0 %
Positivo	Negativo	25 %
Negativo	Positivo	75 %
Negativo	Negativo	100 %

RESULTADOS

Los resultados obtenidos en las diversas pruebas cruzadas *in vitro* se presentan en las Tablas II, III y IV.

Tabla II. Compatibilidad cruzada *in vitro* entre receptores de sangre y plasma caninos (115) y donantes de sangre y plasma de bovinos (115) a temperatura ambiente.

Porcentaje de compatibilidad	100 %	75 %	50 %	25 %	0%
Caninos (n= 115)	65/115	48/115	0/115	0/115	2/115
Porcentaje Total (100%)	56 %	42 %	0 %	0 %	2%

Tabla III. Compatibilidad cruzada *in vitro* entre receptores de sangre y plasma caninos (115) y donantes de sangre y plasma de bovinos (115) a temperatura de 37 °C.

Porcentaje de compatibilidad	100 %	75 %	50 %	25 %	0%
Caninos (n= 115)	57/115	56/115	0/115	0/115	2/115
Porcentaje Total (100%)	50 %	48 %	0 %	0 %	2%

Tabla IV Compatibilidad cruzada *in vitro* entre receptores de sangre y plasma caninos (115) y donantes de sangre y plasma de bovinos (115) a temperatura de 5 °C.

Porcentaje de compatibilidad	100 %	75 %	50 %	25 %	0%
Caninos (n= 115)	54/115	59/115	0/115	1/115	1/115
Porcentaje Total (100%)	47 %	51 %	0 %	1 %	1%

DISCUSION

La identificación del tipo de sangre implica la detección de antígenos en la superficie celular, mientras que las pruebas cruzadas determinan la presencia de anticuerpos en dicha superficie. Estas pruebas son fundamentales para detectar posibles incompatibilidades en una transfusión de sangre, por lo que se sugiere realizar ambas antes de cualquier transfusión sanguínea (Schaer, 2006).



Este estudio *in vitro* demostró que, en promedio, el 98% de los caninos analizados presentaron entre un 75% y un 100% de compatibilidad con sangre bovina a las diferentes temperaturas como lo indica la tabla II, III, IV, lo que sugiere la viabilidad de la xenotransfusión sanguínea. A medida que avanza la investigación sobre transfusiones seguras en perros, se considera la viabilidad de utilizar transfusiones heterólogas. Estas transfusiones ofrecen la posibilidad de asistir a más pacientes en situaciones de emergencia cuando no hay disponibilidad de sangre canina. Un estudio con dos grupos de 10 perros mostró resultados prometedores: el primer grupo recibió transfusiones de sangre O+ humana sin experimentar reacciones adversas, observándose una mejora notable en el hematocrito. En contraste, los perros del segundo grupo fueron transfundidos con sangre canina sin tipificar y, aunque no se registraron reacciones de incompatibilidad, se observó un hematocrito promedio más bajo, indicando la necesidad de realizar más investigaciones para evaluar las transfusiones heterólogas y considerar los riesgos y beneficios asociados (Zapata et al., 2017).

Las pruebas cruzadas, conocidas como crossmatching, verifican la existencia de anticuerpos en el plasma del donante y del receptor. Son esenciales en situaciones donde existe riesgo de incompatibilidad, como en gatos cuyo grupo sanguíneo no puede ser determinado o en animales que hayan recibido transfusiones previas. La prueba cruzada mayor evalúa si el receptor posee anticuerpos dirigidos contra los glóbulos rojos del donante, mientras que la prueba cruzada menor verifica si el plasma del donante contiene anticuerpos contra los glóbulos rojos del receptor. Es crucial incluir una reacción de control donde se mezclen los glóbulos rojos y el plasma del receptor. Si se observa hemólisis o aglutinación en la prueba cruzada mayor, la transfusión no podrá realizarse debido a la presencia de anticuerpos en el receptor contra los glóbulos rojos del donante. En cambio, si se detecta hemólisis o aglutinación en la prueba cruzada menor, la transfusión puede realizarse con precaución, ya que indica la presencia de anticuerpos en el donante contra los glóbulos rojos del receptor, aunque la cantidad de anticuerpos presentes no suponga un riesgo grave (Giger, 2000; Haldane et al., 2004).

Los glóbulos rojos bovinos son robustos y resistentes a la lisis mediada por el sistema complemento (Johnstone et al., 2004). En un estudio, se administró sangre completa de bovino a dos cabras sanas, seguidas de un seguimiento para detectar posibles efectos adversos y la presencia de glóbulos rojos bovinos después de la transfusión xenogénica. Luego, se evaluó la compatibilidad entre 15

combinaciones de sangre caprina y bovina mediante pruebas cruzadas. Ambas cabras toleraron la transfusión xenogénica, aunque se observaron reacciones transitorias. De las 15 combinaciones evaluadas, 11 fueron compatibles en las pruebas cruzadas mayores y todas mostraron compatibilidad en las menores (Smith et al., 2021).

En Ecuador, la falta de bancos de sangre dedicados a los caninos y la falta de conciencia entre los dueños de mascotas sobre la importancia de convertir a sus animales en donantes representan desafíos significativos. La creciente cantidad de mascotas que acuden a las clínicas veterinarias con diversos tipos de anemia, causadas por distintos factores, pone en riesgo la salud y el bienestar de los animales (Zapata et al., 2017).

Existe un interés creciente en métodos de transfusión sanguínea menos convencionales, que no se basan en el almacenamiento de sangre, como la recuperación de células autólogas, la transfusión y la xenotransfusión. Estos métodos se perfilan como alternativas a las transfusiones tradicionales. La xenotransfusión ofrece una opción para manejar temporalmente la anemia, permitiendo la realización de procedimientos diagnósticos o quirúrgicos, así como la recolección y transfusión de sangre adecuada. Aunque presenta riesgos potenciales y no iguala el rendimiento de las transfusiones homólogas o autólogas, se considera una parte integral de la práctica de la medicina veterinaria de transfusión (Kisielewicz et al., 2014).

La administración de sangre de ternero a perros, seguida por la transfusión de sangre de cordero y ternero a humanos, ha sido documentada (Roux et al., 2007). Además, se ha logrado transfundir con éxito hemoglobina porcina polimerizada purificada a perros, sin que se presenten reacciones de aglutinación o hemólisis (Jia et al., 2010).

Debido a la rara ocurrencia de aloanticuerpos clínicamente significativos en perros, muchos veterinarios consideran opcional o innecesaria la prueba cruzada antes de la primera transfusión de sangre en un paciente canino. De hecho, una encuesta en línea realizada en 73 hospitales veterinarios de referencia o enseñanza mostró que solo 11 de 73 (15%) realizaban una prueba cruzada para todos los perros antes de la transfusión. Sin embargo, 72 de 73 (99%) informaron que realizan una prueba cruzada de 3 a 5 días después de la primera transfusión a un perro (Vap, 2014; Tiwari, 2009; Brown, 2012; Jagodich & Holowaychuk, 2016).



En la década de 1960, se documentaron varios estudios sobre la transfusión de sangre de perro a gatos (Bovens & Gruffydd-Jones, 2013). Más recientemente, se reportó un caso único (Gowan, 2004). No se registraron reacciones adversas graves inmediatas, posiblemente porque los gatos carecen de anticuerpos contra los antígenos de los glóbulos rojos del perro. Sin embargo, se detectaron anticuerpos entre 4 y 7 días después de la primera transfusión, según pruebas de aglutinación en portaobjetos y ensayos de hemólisis *in vitro*. Además, la vida útil de los glóbulos rojos transfundidos fue inferior a 4 días (Clark & Kiesel, 1963). La repetición de la transfusión con sangre de perro más de 6 días después de la primera resultó en anafilaxia, con una tasa de mortalidad superior al 66% (Bovens & Gruffydd-Jones, 2013). La xenotransfusión de sangre de perro a gatos podría considerarse en emergencias genuinas donde no haya otra opción, siempre y cuando el gato no haya sido transfundido previamente con sangre de perro. Esto podría brindar tiempo para llevar a cabo diagnósticos o adquirir productos sanguíneos adecuados.

Existe un estudio en reportar la compatibilidad de la prueba cruzada mayor entre la sangre de conejos receptores, conejos donantes y los cuatro tipos principales de sangre de perros y gatos. No se detectaron hemólisis ni aglutinación en ninguna de las pruebas cruzadas mayores entre donantes y receptores de conejo, lo que sugiere una alta probabilidad de compatibilidad serológica *in vivo* entre conejos. Aunque no se observó hemólisis, sí se presentó aglutinación microscópica a macroscópica en todas las pruebas cruzadas mayores entre donantes caninos o felinos y receptores de conejo. Los donantes caninos mostraron un riesgo 1.4 veces mayor de aglutinación macroscópica en comparación con los donantes felinos, indicando que los conejos poseen aloanticuerpos naturales contra los aloantígenos de glóbulos rojos de perros y gatos (Dannemiller et al., 2024).

Las pruebas de compatibilidad cruzada mayor y menor evalúan la compatibilidad serológica *in vitro* entre un receptor de transfusión sanguínea y un donante potencial mediante la evaluación de hemólisis y aglutinación. La hemólisis se produce cuando los aloanticuerpos activan el complemento, provocando la disrupción de la membrana de los glóbulos rojos. La aglutinación se debe a la unión de los aloanticuerpos a los aloantígenos de los glóbulos rojos, causando su entrelazamiento. La prueba de compatibilidad cruzada mayor examina los aloanticuerpos presentes o inducidos en el suero o plasma del receptor contra los glóbulos rojos del donante, mientras que la prueba de compatibilidad cruzada

menor evalúa los aloanticuerpos presentes o inducidos en el suero o plasma del donante contra los glóbulos rojos del receptor. Si se observa hemólisis o aglutinación en alguna de las pruebas, esto puede indicar una posible incompatibilidad serológica in vivo entre el receptor y el donante de sangre (Tocci et al., 2009; Weinstein & Sink, 2012; Giger, 2015; Zaremba et al., 2019). Aunque la prueba de compatibilidad cruzada menor se considera menos crucial para la terapia con componentes sanguíneos, se recomienda realizarla al transfundir sangre entera o plasma (Giger, 2015).

CONCLUSIONES

Las pruebas de compatibilidad cruzada son cruciales para asegurar transfusiones seguras en medicina veterinaria, identificando potenciales incompatibilidades serológicas entre donantes y receptores caninos. Este estudio evidencia la viabilidad de la xenotransfusión entre bovinos y caninos, mostrando resultados prometedores en la compatibilidad *in vitro* y sugiriendo una posible aplicación en situaciones de emergencia. No se encontraron diferencias significativas en la aglutinación a diferentes temperaturas, lo cual refuerza la consistencia de los resultados. Se destaca la necesidad de seguir investigando en este campo para optimizar la seguridad y eficacia de las transfusiones heterólogas y así mejorar la práctica clínica veterinaria.

REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS

- Aranidharan, G. R., Prathaban, S., Nambi, A. P., Dhanan, J., Lubas, G., & Medina-Valentin, A. A. (2018). Prevalence of dog erythrocyte antigen (DEA) 1 amongst the dog blood donors at Tamil Nadu Veterinary and Animal Sciences University Animal blood bank (TABB), India. *Hematology & Transfusion International Journal*, 6(2), e10.15406.
- Arndt, S. (2015). Veterinary Transfusion Medicine. *Veterinary Clinics of North America: Small Animal Practice*, 45(2), 409-435.
- Birch, C., & Yagi, K. (2016). Transfusion medicine in small animals. *Veterinary Clinics of North America: Small Animal Practice*, 46(5), 1091-1112.
<https://doi.org/10.1016/j.cvsm.2016.05.001>
- Blais, M. C. (2017). Transfusion reactions and blood compatibility testing. *Veterinary Clinics: Small Animal Practice*, 47(6), 1189-1204. <https://doi.org/10.1016/j.cvsm.2017.07.005>



- Bovens, C., & Gruffydd-Jones, T. (2013). Xenotransfusion with canine blood in the feline species: Review of the literature. *Journal of Feline Medicine and Surgery*, 15(2), 62-67. <https://doi.org/10.1177/1098612X12460530>
- Brown, D., & Vap, L. M. (2012). Principles of blood transfusion and crossmatching. In Thrall, M. A., Weiser, G., & Campbell, T. W. (Eds.), *Veterinary hematology and clinical chemistry* (2nd ed., pp. 205-222). Ames, IA: Wiley Blackwell.
- Clark, C. H., & Kiesel, G. K. (1963). Longevity of red blood cells in interspecies transfusion. *Journal of the American Veterinary Medical Association*, 143, 400-401.
- Dannemiller, N. G., Ozawa, S. M., Petritz, O. A., & Musulin, S. E. (2024). Major crossmatch compatibility of rabbit blood with rabbit, canine, and feline blood. *Veterinary Emergency and Critical Care*. Advance online publication. <https://doi.org/10.1111/vec.13362>
- Giger, U. (2000). Blood typing and cross-matching to ensure compatible transfusions. In J. D. Bonagura (Ed.), *Kirk's current veterinary therapy XIII*. Philadelphia, PA: Saunders.
- Giger, U. (2015). Transfusion therapy. In D. C. Silverstein & K. Hopper (Eds.), *Small Animal Critical Care Medicine* (2nd ed., pp. 327-332). Philadelphia, PA: W.B. Saunders.
- Gowan, R. (2004). Canine blood transfusion in a cat with erythrocyte leukaemia. *Proceedings of the Australian College of Veterinary Scientists Science Week*, Surfer's Paradise, Australia, pp. 29-30.
- Greenwalt, T. J. (1997). A short history of transfusion medicine. *Transfusion*, 37(5), 550-563.
- Hale, A. S. (2006). Practical Transfusion Medicine for the Small Animal Practitioner. *Journal of Veterinary Emergency and Critical Care*, 16(2), 153-162.
- Haldane, S., Roberts, J., & Marks, S. (2004). Transfusion Medicine. *Compendium on Continuing Education for the Practicing Veterinarian*, 26(7), 503-518.
- Jagodich, T. A., & Holowaychuk, M. K. (2016). Transfusion practice in dogs and cats: An internet-based survey. *Journal of Veterinary Emergency and Critical Care (San Antonio)*, 26, 360-372.
- Jia, X., Chen, L., & Ding, W. et al. (2010). Heterologous transfusion of dog by polymerized hemoglobin of pig. *Chin Anim Husb & Vet Med*, 9, S858.

- Johnstone, J. E., MacLaren, L. A., Doucet, J., & McAlister, V. C. (2004). *In vitro* studies regarding the feasibility of bovine erythrocyte xenotransfusion. *Xenotransplantation*, 11, 11-17.
<https://doi.org/10.1111/j.1399-3089.2004.00070.x>
- Kisielewicz, C., & Self, I. A. (2014). Canine and feline blood transfusions: controversies and recent advances in administration practices. *Veterinary Anaesthesia and Analgesia*, 41(3), 233-242.
<https://doi.org/10.1111/vaa.12135>
- Kumar, R. (2017). Blood transfusion in veterinary medicine. *Hematology & Transfusion International Journal*, 4(4), 116-122.
- Roux, F. A., Sai, P., & Deschamps, J. Y. (2007). Xenotransfusion, past and present. *Xenotransplantation*, 14, 208-216.
- Schaer, M. (2006). *Medicina clínica del perro y el gato*. Barcelona: Masson.
- Smith, J. S., Viall, A. K., Breuer, R. M., Walton, R. A., Plummer, P. J., Griffith, R. W., & Kreuder, A. J. (2021). Preliminary investigation of bovine whole blood xenotransfusion as a therapeutic modality for the treatment of anemia in goats. *Frontiers in Veterinary Science*, 8, 637988.
<https://doi.org/10.3389/fvets.2021.637988>
- Tiwari, A. J., Balekar, N. S., & Jain, D. K. (2009). Blood group systems and blood transfusion of animals. *International Journal of Pharmaceutical and Clinical Research*, 1, 50-54.
- Tocci, L. J., & Ewing, P. J. (2009). Increasing patient safety in veterinary transfusion medicine: An overview of pretransfusion testing. *Journal of Veterinary Emergency and Critical Care*, 19(1), 66-73.
- Vap, L. M. (2014). An update on blood typing, crossmatching, and doing no harm in transfusing dogs and cats. Available at: veterinarymedicine.dvm360.com. Accessed Dec 2, 2014.
- Weinstein, N. M., & Sink, C. A. (2012). Blood typing and cross-matching. In J. M. B. Creedon & H. Davis (Eds.), *Advanced Monitoring and Procedures for Small Animal Emergency and Critical Care* (pp. 682-692). John Wiley & Sons.
- Zapata, M., Gaona, M., & Aguilar, F. (2017). Nueva alternativa en transfusiones sanguíneas en caninos con sangre heteróloga. *Revista Electrónica de Veterinaria*, 18(10), 1-7.



Zaremba, R., Brooks, A., & Thomovsky, E. (2019). Transfusion medicine: an update on antigens, antibodies and serologic testing in dogs and cats. *Topics in Companion Animal Medicine*, 34, 36-46.

