

Evaluación dinámica de la hemostasia en la especie canina: establecimiento de valores de referencia con tromboelastometría rotacional

Artículo original

Dynamic assessment of hemostasis in canines: establishing normal values with rotational thromboelastometry

Avaliação dinâmica da hemostasia em caninos: estabelecendo valores de normalidade com tromboelastometria rotacional

Sebastián González¹ <https://orcid.org/0009-0009-9062-539X>

Joaquín Artese¹ <https://orcid.org/0009-0004-7862-1189>

Victoria Lódola¹ <https://orcid.org/0009-0003-1273-7851>

Marcela Pereira¹ <https://orcid.org/0009-0003-1448-3613>

¹Servicio de Laboratorio y Hematología, Hospital Escuela de Medicina Veterinaria, Facultad de Ciencias Veterinarias, Universidad de Buenos Aires, Buenos Aires, Argentina. Autor para correspondencia: sebastiangonzalez@fvvet.uba.ar

Cómo citar este artículo:

González, S., Artese, J., Lódola, V., & Pereira, M. (2026). Evaluación dinámica de la hemostasia en la especie canina: establecimiento de valores de referencia con tromboelastometría rotacional. *Veterinaria (Montevideo)*, 62(225), e20266222508. <https://doi.org/10.29155/VET.62.225.8>

Veterinaria (Montevideo) Volumen 62
Nº 225 (2025 Ene - Jun) e20266222501



Recibido: 04/06/2025
Aceptado: 04/03/2026

Resumen

Los trastornos de la coagulación representan un desafío diagnóstico frecuente en medicina veterinaria. El objetivo de este estudio fue establecer intervalos de referencia para los parámetros de las pruebas EXTEM e INTEM mediante ROTEM® delta en caninos sanos, con el fin de facilitar la interpretación clínica de pruebas viscoelásticas en esta especie. Se estudiaron 30 perros clínicamente sanos, mayores de un año, a los que se les realizaron pruebas ROTEM® delta en los canales EXTEM e INTEM, analizando parámetros como tiempo de coagulación (CT), tiempo de formación del coágulo (CFT), ángulo alfa, amplitud a los 10 minutos (A10), amplitud a los 20 minutos (A20), firmeza del coágulo (MCF) y lisis a los 30 minutos (LI30). Los intervalos de referencia obtenidos fueron consistentes entre animales y comparables a los reportados internacionalmente, con algunas variaciones atribuibles a factores regionales. Este estudio proporciona los primeros valores de referencia en Argentina para ROTEM® delta en caninos, lo que constituye una herramienta útil para el diagnóstico y manejo de alteraciones hemostáticas en el ámbito clínico.

Palabras clave: ROTEM, Hiperfibrinólisis, Hemostasia, Coagulación, Perros.

Abstract

Coagulation disorders represent a common diagnostic challenge in veterinary medicine. The objective of this study was to establish reference intervals for EXTEM and INTEM test parameters using ROTEM® delta in healthy canines, in order to facilitate the clinical interpretation of viscoelastic tests in this species. Thirty clinically healthy dogs, older than one year, were studied and underwent ROTEM® delta testing in the EXTEM and INTEM channels, analyzing parameters such as Clotting time (CT), Clot formation time (CFT), alpha angle, Amplitude at 10 minutes (A10), Amplitude at 20 minutes (A20), Clot firmness (CFF), and Lysis at 30 minutes (LI30). The reference intervals obtained were consistent between animals and comparable to those reported internationally, with some variations attributable to regional factors. This study provides the first reference values in Argentina for ROTEM® delta in canines, constituting a useful tool for the diagnosis and management of hemostatic disorders in the clinical setting.

Keywords: ROTEM, Hyperfibrinolysis, Hemostasis, Coagulation, Dogs.

Resumo

Distúrbios de coagulação representam um desafio diagnóstico comum em medicina veterinária. O objetivo deste estudo foi estabelecer intervalos de referência para parâmetros de teste EXTEM e INTEM usando ROTEM® delta em caninos saudáveis, a fim de facilitar a interpretação clínica de testes viscoelásticos nesta espécie. Trinta cães clinicamente saudáveis, com mais de um ano de idade, foram estudados e submetidos ao teste ROTEM® delta nos canais EXTEM e INTEM, analisando parâmetros como Tempo de coagulação (CT), tempo de formação do coágulo (CFT), ângulo alfa, amplitude em 10 minutos (A10), amplitude em 20 minutos (A20), firmeza do coágulo (CFF) e lise em 30 minutos (LI30). Os intervalos de referência obtidos foram consistentes entre os animais e comparáveis aos relatados internacionalmente, com algumas variações atribuíveis a fatores regionais. Este estudo fornece os primeiros valores de referência na Argentina para ROTEM® delta em caninos, constituindo uma ferramenta útil para o diagnóstico e tratamento de distúrbios hemostáticos no ambiente clínico.

Palabras-chave: ROTEM, Hiperfibrinólise, Hemostasia, Coagulação, Cães.

Introducción

Los trastornos de la hemostasia representan una causa frecuente de complicaciones en medicina veterinaria de emergencia y cuidados críticos, en especial en pacientes con trauma, sepsis, hemorragias cavitarias, hepatopatías o enfermedades parasitarias (Martin et al., 2020). Si bien las pruebas clásicas de laboratorio como el tiempo de protrombina (TP)

y el tiempo de tromboplastina parcial activada (TTPa) se utilizan ampliamente, su utilidad clínica en situaciones dinámicas es limitada. Estas pruebas evalúan fases tempranas y aisladas de la coagulación, sin considerar la formación tridimensional del coágulo ni la actividad fibrinolítica (Burton & Jandrey, 2020).

La tromboelastometría rotacional (ROTEM® delta) permite una evaluación funcional, dinámica e integral del proceso hemostático en sangre entera, considerando la interacción entre plaquetas, factores de coagulación, fibrinógeno y lisis del coágulo. Esta técnica ha demostrado ser superior a los métodos convencionales al identificar de forma precoz perfiles de hipo o hipercoagulabilidad, así como fenómenos de hiperfibrinólisis en pacientes caninos y felinos críticos (Birkbeck et al., 2019; Sigrist et al., 2018).

El ROTEM incluye distintas pruebas: EXTEM (vía extrínseca), INTEM (vía intrínseca), FIBTEM (función del fibrinógeno) y APTEM (inhibición de la fibrinólisis mediante aprotinina), cada una con utilidad diferencial para establecer un perfil hemostático completo (Burton & Jandrey, 2020). Su interpretación se basa en parámetros como el tiempo de coagulación (CT), tiempo de formación del coágulo (CFT), ángulo alfa, amplitudes (A10, A20), máxima firmeza del coágulo (MCF), lisis a los 30 minutos (LI30) y lisis máxima (ML).

Estudios clínicos han demostrado la utilidad de ROTEM en monitorizar terapias con drogas antifibrinolíticas como el ácido tranexámico, así como su valor pronóstico en pacientes críticos (Sigrist et al., 2017). El presente estudio tiene como objetivo establecer los primeros intervalos de referencia en Argentina para los parámetros EXTEM e INTEM de ROTEM delta en perros sanos de forma que puedan ser aplicados al análisis clínico de pacientes caninos críticos con sospecha de alteraciones hemostáticas, incluyendo hipo/hipercoagulabilidad e hiperfibrinólisis.

Materiales y métodos

Este estudio se realizó con una población de 30 perros clínicamente sanos, mayores de un año de edad, de diversas razas, sexos y pesos, provenientes del área metropolitana de Buenos Aires. Todos los animales fueron evaluados clínicamente, se descartaron signos de enfermedad sistémica mediante examen físico, hemograma, bioquímica sérica y análisis de orina, sin alteraciones indicativas de alteración clínica o subclínica de la hemostasia, como criterio de inclusión. El muestreo fue realizado con el consentimiento informado de los propietarios.

Las muestras de sangre se obtuvieron por venopunción cefálica utilizando agujas de calibre adecuado (21-23G) y se recolectaron en tubos con citrato de sodio al 3,2 % (0,309 M) asegurando su completo llenado (3 ml). Se evitó la estasis prolongada y la hemólisis, y se mantuvieron a temperatura ambiente hasta su procesamiento. Las pruebas ROTEM® delta (FELSAM) se realizaron dentro de los 30 minutos posteriores a la recolección

utilizando los canales EXTEM e INTEM, que evalúan las vías extrínseca e intrínseca de la coagulación, respectivamente. El activador utilizado fue el ácido elálgico para la prueba INTEM y tromboplastina tisular para la prueba EXTEM. Se analizaron los siguientes parámetros: tiempo de coagulación (CT), tiempo de formación del coágulo (CFT), ángulo alfa, amplitudes a los 10 y 20 minutos (A10, A20), máxima firmeza del coágulo (MCF) y lisis a los 30 minutos (LI30).

Los valores obtenidos para cada parámetro (EXTEM e INTEM) fueron evaluados en primer lugar para determinar la normalidad de la distribución mediante la prueba de Shapiro-Wilk ($p < 0,05$ considerado significativo). La detección de valores atípicos se realizó mediante el test de Dixon-Reed, siguiendo las recomendaciones de la guía CLSI EP28-A3c (Clinical and Laboratory Standards Institute, 2010).

Los intervalos de referencia (IR) bilaterales del 95 % se establecieron utilizando el método no paramétrico (percentiles 2,5 y 97,5), dado que en algunos casos (CFT para EXTEM) la distribución no cumplió criterios de normalidad. Para las variables con distribución normal, se calculó adicionalmente el IR paramétrico (media \pm 1,96·DE).

Los intervalos de confianza del 90 % (IC90) de los límites inferior y superior de cada IR se calcularon mediante el método binomial basado en rangos (no paramétrico) y con la fórmula normal-teórica propuesta por Horn y Pesce (CLSI) en los casos de IR paramétrico (Geffré et al., 2011). Todos los cálculos se realizaron con un tamaño muestral de 30 animales.

El procesamiento estadístico se llevó a cabo en Infostat 2018.

Resultados

Para la prueba ROTEM® delta EXTEM, los intervalos de referencia se detallan en la tabla 1.

Tabla 1. Intervalos de referencia prueba ROTEM® delta EXTEM

Parámetro	Intervalo de referencia 95 %	IC90 límite inferior	IC90 límite superior	Mediana	N	p Shapiro-Wilk
CT (s)	35,00-70,65	35,00-37,00	66,00-75,00	53,5	30	0,466
CFT (s)	59,00-256,90	59,00-77,00	247,00-283,00	134,5	30	0,018
ALFA (°)	49,73-78,28	49,00-50,00	78,00-79,00	66,5	30	0,103
A10 (mm)	31,90-63,37	29,00-33,00	59,00-67,00	43,5	30	0,516
A20 (mm)	39,62-69,38	36,00-41,00	66,00-73,00	53,0	30	0,87
MFC (mm)	44,35-71,38	40,00-48,00	70,00-75,00	57,5	30	0,676
LI30 (%)	89,2-100,0	88,0-91,0	100,00-100,00	100,0	30	0,001

Para la prueba ROTEM® delta INTEM, los intervalos se detallan en la tabla 2.

Tabla 2. Intervalos de referencia prueba ROTEM® delta INTEM

Parámetro	Intervalo de referencia 95 %	IC90 límite inferior	IC90 límite superior	Mediana	N	p Shapiro-Wilk
CT (s)	112,17-221,92	110,00-122,00	217,00-227,00	143,5	30	0,017
CFT (s)	48,80-378,75	43,00-76,00	328,00-386,00	141,0	30	0,001
ALFA (°)	40,73-79,55	40,00-45,00	77,00-81,00	65,0	30	0,049
A10 (mm)	25,73-64,65	25,00-28,00	55,00-69,00	40,5	30	0,466
A20 (mm)	35,45-70,38	34,00-38,00	63,00-74,00	50,5	30	0,873
MFC (mm)	44,17-74,55	42,00-49,00	69,00-76,00	59,0	30	0,993
LI30 (%)	94,0-100,0	90,0-100,0	100,0-100,0	100,0	30	0,001

Discusión

Los valores de referencia obtenidos en este estudio local presentan similitudes con los reportados internacionalmente, aunque se evidencian ciertas diferencias atribuibles a factores como raza, sexo, técnica utilizada, equipo, tiempo de procesamiento y tipo de activadores utilizados. Estos datos sientan las bases para la utilización de esta técnica en pacientes caninos en el ámbito clínico local.

Por ejemplo, Pereira et al. (2020) establecieron valores de referencia utilizando ROTEM delta en perros sanos en Brasil, con un rango para EXTEM-MCF de 49 a 67 mm, bastante cercano a los reportados en nuestro estudio. Sin embargo, el tiempo de coagulación (CT) para EXTEM fue mayor (media de 72 s) respecto a nuestra población, lo que podría estar vinculado a diferencias regionales o preanalíticas.

En nuestro estudio, CFT en EXTEM no presentó distribución normal y se estimó por métodos no paramétricos, con IC90 amplios que aconsejan cautela en su uso aislado como indicador de la polimerización de fibrina y función plaquetaria. En contraste, el ángulo alfa mostró mayor estabilidad y menor dispersión. Las amplitudes tempranas (A10 y A20), con distribución cercana a la normalidad e IC90 más estrechos, se perfilan como herramientas confiables para la evaluación temprana de la hemostasia y de utilidad potencial en protocolos clínicos veterinarios. La MCF presentó resultados comparables a estudios previos y límites bien definidos, lo que refuerza su papel central en la valoración global de la hemostasia (Thawley et al., 2016). Finalmente, la LI30 se mantuvo en torno al 100 % en la mayoría de los animales, lo que sugiere ausencia de fibrinólisis espontánea.

Buriko y Silverstein (2018) también aportaron valores utilizando un dispositivo viscoelástico alternativo (VCM), se observa una MCF en perros sanos en el rango de 45-67 mm, lo cual es comparable a nuestros hallazgos, aunque el método difiere al ROTEM y no utiliza exactamente las mismas condiciones de activación.

En una revisión exhaustiva, Burton y Jandrey (2020) destacan que los resultados de ROTEM pueden variar de forma significativa según el tipo de activador, la temperatura, el anticoagulante y el tiempo de procesamiento. Incluso pequeñas variaciones en el hematocrito o la concentración de fibrinógeno pueden alterar parámetros como el ángulo alfa y la MCF.

Por otro lado, estudios como el de Goggs et al. (2014) enfatizan la necesidad de establecer rangos de referencia específicos para cada institución o región, dado que los factores preanalíticos pueden modificar los resultados de forma sustancial.

Hasta donde se ha podido investigar, este es el primer estudio en reportar valores de referencia del ROTEM delta para EXTEM e INTEM en caninos sanos en Argentina, lo que constituye un aporte pionero para la medicina veterinaria clínica regional (Ozarda, 2016).

Conclusiones

Este estudio establece los primeros valores de referencia para los parámetros EXTEM e INTEM de la técnica ROTEM® delta en perros sanos en Argentina. Los resultados obtenidos son comparables a los publicados en otras regiones, aunque se evidencian algunas variaciones atribuibles a condiciones locales y técnicas.

La disponibilidad de estos intervalos de referencia permitirá mejorar la interpretación clínica de los perfiles hemostáticos en pacientes críticos, lo que favorece un abordaje más preciso y dirigido de los trastornos de coagulación. Asimismo, se reafirma la utilidad de ROTEM como herramienta diagnóstica en medicina veterinaria para la evaluación integral de la hemostasia, incluyendo la identificación de fenómenos como la hiperfibrinólisis.

Este trabajo representa un aporte relevante para la implementación de viscoelastometría en la práctica clínica regional y sienta las bases para futuras investigaciones que incluyan poblaciones enfermas, aplicaciones terapéuticas y estudios multicéntricos.

Agradecimientos

Agradecemos al equipo técnico del Laboratorio de Hematología Clínica de la FCV-UBA por su colaboración en la ejecución de las pruebas ROTEM, así como a los propietarios de los pacientes por permitir su inclusión en el estudio.

Referencias

Birkbeck, R., Humm, K., & Cortellini, S. (2019). A review of hyperfibrinolysis in cats and dogs. *Journal of Small Animal Practice*, 60(11), 641-655. <https://doi.org/10.1111/jsap.13068>

- Buriko, Y., & Silverstein, D. C. (2018). Establishment of normal reference intervals in dogs using a viscoelastic coagulation monitor (VCM) and validation of the VCM device using thromboelastography (TEG) [Abstract]. *Journal of Veterinary Emergency and Critical Care*, 28(S1), S27. <https://doi.org/10.1111/vec.12758>
- Burton, A. G., & Jandrey, K. E. (2020). Use of thromboelastography in clinical practice. *Veterinary Clinics of North America: Small Animal Practice*, 50(6), 1397-1409. <https://doi.org/10.1016/j.cvsm.2020.08.001>
- Clinical and Laboratory Standards Institute. (2010). *Defining, establishing, and verifying reference intervals in the clinical laboratory; Approved guideline* (3rd ed., EP28-A3c). CLSI.
- Geffré, A., Concordet, D., Braun, J. P., & Trumel, C. (2011). Reference Value Advisor: A new freeware set of macroinstructions to calculate reference intervals with Microsoft Excel. *Veterinary Clinical Pathology*, 40(1), 107-112. <https://doi.org/10.1111/j.1939-165X.2011.00287.x>
- Goggs, R., Brainard, B., De Laforcade, A. M., Flatland, B., Hanel, R., McMichael, M., & Wiinberg, B. (2014). Partnership on Rotational ViscoElastic Test Standardization (PROVETS): evidence-based guidelines on rotational viscoelastic assays in veterinary medicine. *Journal of Veterinary Emergency and Critical Care*, 24(1), 1-22. <https://doi.org/10.1111/vec.12144>
- Martin A, Kutter A, & Sigrist N. (2020). Rotational thromboelastometry (ROTEM) parameters in dogs with haemoperitoneum and their associations with clinical and laboratory signs. *Schweizer Archiv fur Tierheilkunde*, 162(3), 153-161. <https://doi.org/10.17236/sat00249>
- Ozarda, Y. (2016). Reference intervals: Current status, recent developments and future considerations. *Biochemia Medica*, 26(1), 5-17. <https://doi.org/10.11613/BM.2016.001>
- Pereira, J. M., Rohn, K., & Mischke, R. (2020). Reference intervals for rotational thromboelastometry measurements using the ROTEM® delta device in dogs. *Research in Veterinary Science*, 130, 26-32. <https://doi.org/10.1016/j.rvsc.2020.01.019>
- Sigrist, N.E., Jud Schefer, R.J., & Kutter, A.P.N. (2018). Characteristics of hyperfibrinolysis in dogs and cats demonstrated by rotational thromboelastometry (ROTEM), *The Veterinary Journal*, 242, 67-73. <https://doi.org/10.1016/j.tvjl.2018.11.002>
- Sigrist, N. E., Hofer-Inteeworn, N., Jud Schefer, R., Kuemmerle-Fraune, C., Schnyder, M., & Kutter, A. P. (2017). Hyperfibrinolysis and hypofibrinogenemia diagnosed with rotational thromboelastometry in dogs naturally infected with *Angiostrongylus vasorum*, *Journal of Veterinary Internal Medicine*, 31(4), 1091-1099. <https://doi.org/10.1111/jvim.14723>
- Thawley, V. J., Sánchez, M. D., Drobatz, K. J., & King, L. G. (2016). Retrospective comparison of thromboelastography results to postmortem evidence of thrombosis in critically ill

dogs: 39 cases (2005–2010). *Journal of Veterinary Emergency and Critical Care*, 26(3), 428–436. <https://doi.org/10.1111/vec.12441>

Nota de contribución

1. Conceptualización, 2. Escritura borrador original, 3. Escritura revisión y edición, 4. Curación de datos, 5. Metodología, 6. Recursos, 7. Análisis formal, 8. Investigación, 9. Administración de proyecto, 10. Adquisición de financiación.

Sebastián González ha contribuido en 1, 2 y 3. Joaquín Artese en 4, 5 y 6. Victoria Lódola en 2 y 7. Marcela Pereira en 8, 9 y 10.

Declaración de uso de inteligencia artificial

Los autores usaron y supervisaron el uso de la herramienta ChatGPT de OpenAI para el proceso de redacción, corrección y adaptación del manuscrito. Todas las secciones generadas fueron revisadas, corregidas y aprobadas por los autores, quienes se hacen responsables por el contenido final presentado.

Disponibilidad de datos

El conjunto de datos que apoya los resultados de este estudio se encuentra disponible en el sistema cerrado del Laboratorio Clínico del Oeste, Dra. Esarte (Argentina).

Nota del editor

El editor José Manuel Verdes aprobó este artículo.