



Tromboelastometría rotacional, el electrocardiograma de la coagulación

Rotational thromboelastometry. The electrocardiogram of coagulation

Dr. Raúl Carrillo-Esper,* Dra. Leslie Janet Mejía-Gómez,[‡]
Dr. Ángel Augusto Pérez-Calatayud[§]

Citar como: Carrillo-Esper R, Mejía-Gómez LJ, Pérez-Calatayud ÁA. Tromboelastometría rotacional, el electrocardiograma de la coagulación. Rev Mex Anestesiología. 2022; 45 (3): 184-187. <https://dx.doi.org/10.35366/105591>

RESUMEN. La tromboelastometría evalúa los cambios viscoelásticos en el proceso de coagulación. Nos ofrece una representación gráfica de la formación del coágulo, la estabilidad del mismo y la presencia de lisis. La tromboelastometría rotacional es una herramienta diagnóstica que representa de forma gráfica la funcionalidad del coágulo para un manejo dirigido e individualizado de la coagulopatía asociada a hemorragia. En este trabajo se puntualiza cómo la tromboelastometría rotacional es a la coagulación como el electrocardiograma es al corazón.

ABSTRACT. Thromboelastometry evaluates viscoelastic changes in the coagulation process. It offers us a graphic representation of the formation of the clot, its stability and the presence of lysis. Rotational thromboelastometry is a diagnostic tool that graphs the functionality of the clot, for a targeted and individualized management of bleeding-associated coagulopathy. In this work it is specified how rotational thromboelastometry is to coagulation as the electrocardiogram is to the heart.

INTRODUCCIÓN

La tromboelastografía evalúa los cambios viscoelásticos que presenta la sangre durante el proceso de coagulación. Su objetivo es realizar una representación gráfica de la polimerización de la fibrina, el inicio de la formación del coágulo y la estabilidad del mismo⁽¹⁾ y en algunos casos la presencia de lisis de coágulo. Mediante esta representación uno puede detectar el defecto de la coagulación que amerita intervención.

Hoy en día se ha vuelto parte esencial de la terapia transfusional guiada a la cabecera del enfermo. La tromboelastometría rotacional es una tecnología que nos ayuda a monitorear de manera funcional la formación del coágulo y es a la hemostasia como el electrocardiograma al corazón⁽²⁾. El propósito de este trabajo es presentar la importancia de la interpretación de la tromboelastometría para el manejo de la coagulación comparándola con el electrocardiograma en la interpretación de arritmias.

Principios de la tromboelastometría. La tromboelastometría nos representa de manera gráfica la formación del coágulo y la lisis del mismo con la finalidad de evaluar la función plaquetaria, proteasas de coagulación e inhibidores de la fibrinólisis a la cabecera del paciente^(3,4).

La sangre de la cual se quiere obtener información se mantiene a una temperatura de 37 °C, y a través de una pipeta automática se coloca una muestra de sangre total citratada de 300 µL en la cubeta ROTEM® (IL Werfen México), tiene un PIN de plástico que transmite la señal sobre la formación del coágulo a través de un sistema óptico, éste gira hacia adelante y hacia atrás a través de un ángulo de 4.75° y la cubeta en este caso permanece estática⁽⁵⁾. Una vez que se empiezan a formar los cordones de fibrina, aumenta la fuerza de torsión entre el PIN y

Palabras clave:

Tromboelastometría rotacional, coagulopatía, medicina transfusional.

Keywords:

Rotational thromboelastometry, coagulopathy, transfusion medicine.

* Academia Nacional de Medicina de México. Hospital HMG Coyoacán.

[‡] Unidad de Cuidados Intensivos, Hospital General de México «Eduardo Liceaga». Unidad Médica de Alta Especialidad Lomas Verdes.

[§] Jefe de Áreas Críticas. Hospital General de México «Eduardo Liceaga».

Correspondencia:

Ángel Augusto Pérez-Calatayud
Unidad de Terapia Intensiva del Adulto, Hospital de Especialidades del Niño y La Mujer Dr. Felipe Núñez Lara. Av. Luis M. Vega Monroy 1000, Colinas del Cimatario, 76090. Santiago de Querétaro, Qro. Méx.

E-mail: gmemiiniv@gmail.com

Recibido: 30-03-2021

Aceptado: 21-04-2021

la cubeta siendo esto detectado ópticamente, la información generada se procesa en la computadora y se nos muestra en forma de gráficas al final⁽⁶⁾.

Cada módulo evalúa el proceso de la coagulación, cada una de las muestras de sangre, antes de agregarles el factor activador de la coagulación específico, se deben recalificarar

Tabla 1: Tabla de evaluación de los diferentes módulos de ROTEM.

Módulo	Parámetro de evaluación
EXTEM	Evalúa la vía extrínseca, el factor activador de la coagulación es factor tisular, el cual da inicio a la formación de coágulo en un período menor de 70 segundos y nos permite evaluar los factores I, II, V, VII, X de la coagulación, además de las plaquetas y la fibrinólisis ⁽¹⁴⁾ .
INTEM	Es un ensayo activado por contacto en el que se evalúa la vía intrínseca, el factor activador es ácido elárgico, evalúa los factores I, II V, VIII, IX, X, XI, XII, además de las plaquetas y la fibrinólisis ⁽¹⁵⁾ .
FIBTEM	Se agrega factor tisular más citocalicina D, la cual va a bloquear las plaquetas, por lo tanto el coágulo resultante sólo va a depender de la formación de fibrina y su polimerización. Es a través de este módulo que podemos evaluar si una baja amplitud de INTEM y EXTEM es debido a deficiencia de fibrinógeno o plaquetas ⁽¹⁶⁾ .
APTEM	Se agrega factor tisular más aprotinina o ácido tranexámico con la finalidad de inhibir los procesos fibrinolíticos <i>in vitro</i> . Al realizar una comparación del EXTEM y el APTEM podemos identificar la fibrinólisis y si la terapia antifibrinolítica sola será suficiente para el tratamiento, o será necesario el uso de fibrinógeno ⁽¹⁷⁾ .
HEPTEM	Se agrega ácido elárgico más heparinasa con la finalidad de inactivar la heparina presente en la muestra, se evalúa el tiempo de coágulo en INTEM y HEPTEM, cuando en la primera el tiempo de coágulo se encuentra prolongado, pero en HEPTEM normal podemos inferir que existe efecto de heparina en la coagulación ⁽¹⁷⁾ .

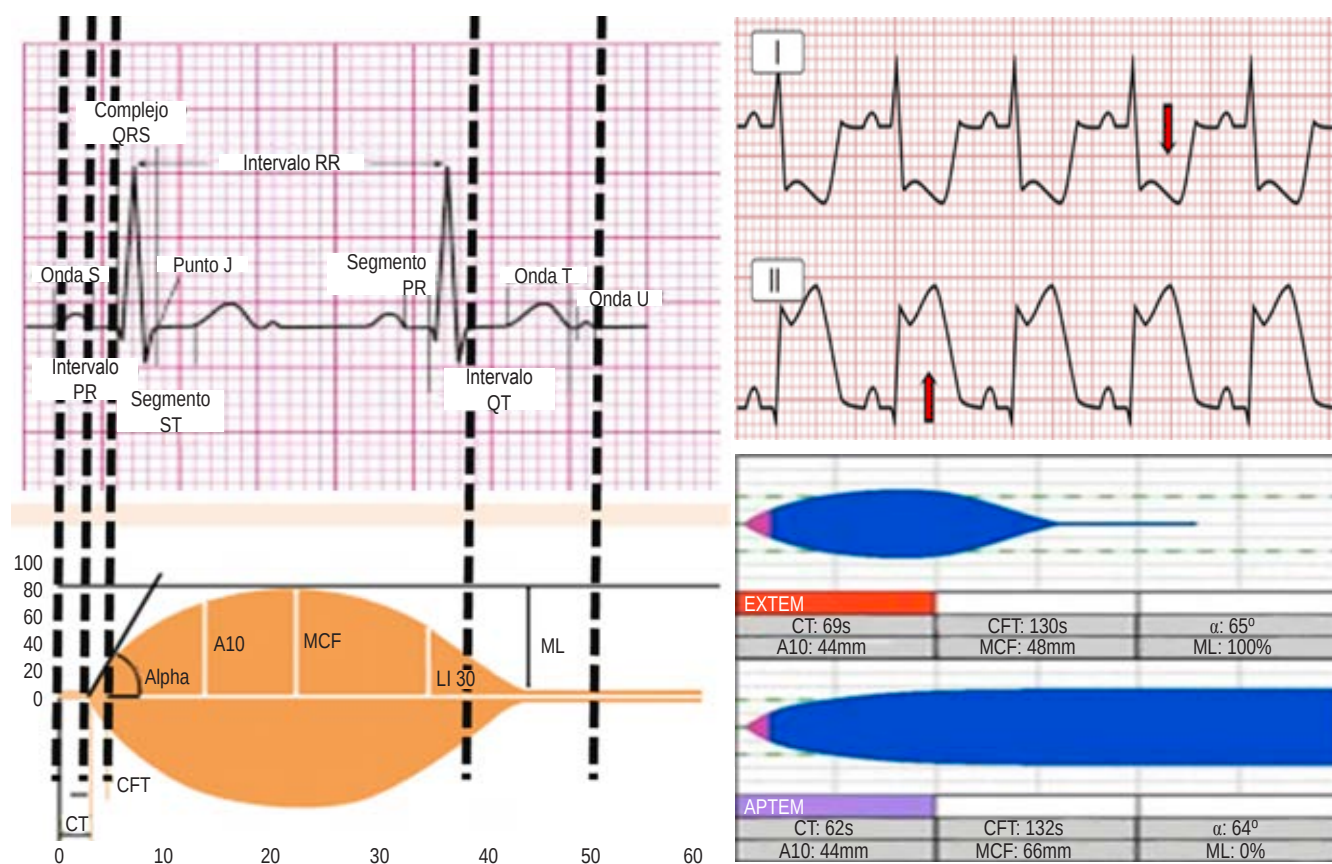


Figura 1: Cambios en el ST representan isquemia o lesión miocárdica, en la curva de tromboelastometría la curva se representa con la presencia de lisis máxima que habla de la pérdida del coágulo por efecto de la hiperfibrinólisis, al igual que en el infarto el tratamiento correcto corrige estos desniveles, en la tromboelastometría el tratamiento (antifibrinolítico) corrige el desnivel de la curva.

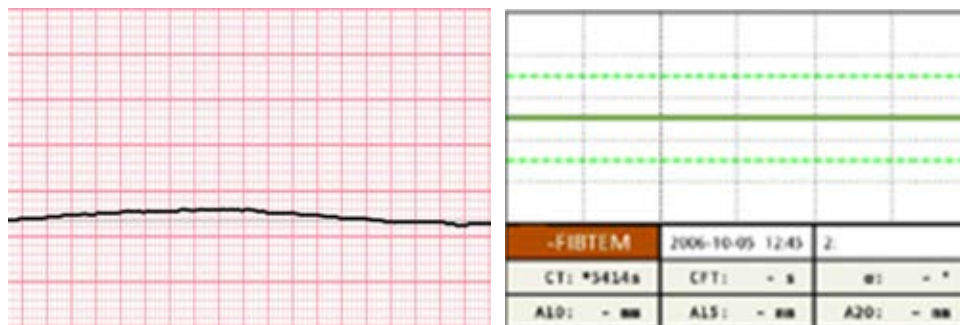


Figura 2:

La asistolia es una línea isoelectrónica que nos habla de la falta de actividad del corazón, la línea plana en el módulo de FIBTEM donde no se observa actividad de la coagulación (factores, fibrinógeno, etc.).

con StarTEM que contiene CaCl_2 . En la *Tabla 1* se muestran los principales módulos de análisis de la tromboelastometría rotacional.

TROMBOELASTOMETRÍA, EL ELECTROCARDIOGRAMA DE LA COAGULACIÓN

Al igual que el electrocardiograma, la gráfica que nos brinda esta tecnología nos trae en el eje de las Y la amplitud del coágulo en milímetros y en el eje de las X el tiempo transcurrido en minutos (*Figura 1*).

Onda P: tiempo de coágulo (TC): al igual que la onda P es el inicio de la contracción auricular y la primera onda del electrocardiograma, el TC es el tiempo desde el inicio de la medición hasta el reconocimiento del inicio de la formación del coágulo, en el que se evalúa la formación de trombina y el inicio de la polimerización del coágulo⁽⁶⁾. La prolongación de este valor sugiere deficiencia de uno o más factores de coagulación, en el caso de EXTEM de la vía extrínseca y en INTEM su prolongación se debe por lo general al uso de heparinas⁽⁷⁾. En el gráfico podemos apreciar una línea plana horizontal que culmina cuando tiene una amplitud de 2 mm. El rango promedio de normalidad para INTEM es de 100 a 240 segundos, para EXTEM de 35 a 80 segundos y para FIBTEM de 38 a 62 segundos (*Figura 2*)⁽⁸⁾.

Intervalo PR: tiempo de formación de coágulo (TFC): en el electrocardiograma el intervalo representa el tiempo de transmisión del impulso eléctrico de las aurículas al nodo AV. En la tromboelastometría rotacional, el TFC es el tiempo transcurrido desde el final del intervalo TC y hasta que el coágulo tiene una firmeza de 20 mm. El rango promedio de normalidad para INTEM es de 35 a 110 segundos y para EXTEM de 35 a 160 segundos⁽⁹⁾, y ángulo α : este valor de la mano con el TFC, se traza como una tangente en el punto de amplitud de 2 mm y el TFC. El rango promedio de normalidad para EXTEM es de 63 a 81°, y para INTEM de 71 a 82° (*Figura 2*). Cuando tenemos un ángulo α reducido y un TFC prolongado nos enfrentamos a trombocitopenia, disfunción plaquetaria, hipofibrinogenemia o polimerización disfuncional de la fibrina⁽¹⁰⁾.

Onda QRS: máxima firmeza del coágulo (MFC): la onda QRS representa la despolarización de los ventrículos y nos habla de la contracción ventricular, en la tromboelastometría rotacional la MFC es la máxima amplitud del gráfico y se mide independientemente del tiempo, esta medición representa la funcionalidad del coágulo, y al igual que en el TFC, una disminución nos hablaría de trombocitopenia, disfunción plaquetaria, hipofibrinogenemia o polimerización disfuncional de la fibrina⁽¹¹⁾. Se puede medir la amplitud del coágulo a 5 o 10 minutos tras el inicio del TFC y con estos valores hacer una estimación de la MFC. $MFC = (\text{amplitud a cinco minutos} + 19 \text{ mm}) \pm 5 \text{ mm}$, $MFC = (\text{amplitud a 10 minutos} + 10 \text{ mm}) \pm 4 \text{ mm}$. El rango de normalidad para EXTEM es de 53 a 72 mm, para INTEM es de 53 a 72 mm y para FIBTEM de 9 a 25 mm,⁽¹²⁾ y la amplitud a cinco minutos (A5), la amplitud de la curva de formación de coágulo medido a cinco minutos al igual se cuenta con intervalos a 10, 15 minutos, etcétera.

Segmento ST: lisis máxima (LM): la LM nos habla del porcentaje de pérdida de firmeza del coágulo posterior a la MFC, ésta se puede medir en el tiempo a 30, 45 o 60 minutos, cuando existe una pérdida de firmeza mayor de 15% a los 60 minutos posterior a MFC nos sugiere que puede existir hiperfibrinólisis⁽¹³⁾. De la misma forma que las alteraciones del intervalo QT nos hablan de isquemia o lesión miocárdica, los cambios de LM nos hablan de la debilidad del coágulo por hiperfibrinólisis.

Infarto agudo de miocardio con cambios del ST-hiperfibrinólisis. Los cambios en el ST sugieren la presencia de lesión miocárdica, la cual es relativamente fácil de diagnosticar, de la misma manera los estados que provocan hiperfibrinólisis por activación del plasminógeno y plasmina que degradan el coágulo formado se pueden identificar fácilmente en los módulos EXTEM y FIBTEM en la curva con cambios en el porcentaje de lisis (LY30%) y la lisis máxima (ML), la cual, en caso de no presentar otro cambio en la curva y de acuerdo al principio «se trata primero lo que mata primero», debemos iniciar inmediatamente con un fármaco antifibrinolítico (*Figura 2*).

Asistolia-ausencia de actividad de fibrinógeno (hipofibrinogenemia). Al igual que en el electrocardiograma que se caracteriza por una línea isoelectrónica con ausencia de onda, la

hipofibrinogenemia adquirida se caracteriza por la ausencia de onda de TEMograma en el módulo de FIBTEM, la cual requiere la aplicación de fibrinógeno.

CONCLUSIONES

Así como nadie consideraría dirigir el manejo de una reanimación cardiopulmonar sin el apoyo de un electrocardiograma,

llegará el momento en el que la tromboelastometría rotacional sea una herramienta básica indispensable para dirigir la reanimación de la coagulación.

Financiamiento: Ángel Augusto Pérez-Calatayud

He recibido apoyo por parte de la industria farmacéutica LFB y de biotecnología Il-Werfen y Cheetah Medical para la realización de protocolos de investigación.

REFERENCIAS

1. Di Benedetto P, Baciarello M, Cabetti L, et al. Thrombelastography. Present and future perspectives in clinical practice. *Minerva Anesthesiol.* 2003;69:501-509.
2. Kang YG, Martin DJ, Marquez J, et al. Intraoperative changes in blood coagulation and thrombelastographic monitoring in liver transplantation. *Anesthes Analg.* 1985;64:888-896.
3. Luddington RJ. Thrombelastography/thromboelastometry. *Clin Lab Haematol* 2005;27:81-90.
4. Gorlinger K, Pérez-Ferrer A, Dirkmann D, et al. The role of evidence-based algorithms for rotational thromboelastometry-guided bleeding management. *Korean J Anesthesiol.* 2019;72:297-322.
5. Ganter M, Hofer C. Coagulation monitoring: current techniques and clinical use of viscoelastic point-of-care coagulation devices. *Anest Analg.* 2008;106:1366-1377.
6. Bolliger D, Seeberger M, Tanaka K. Principles and practice of thrombelastography in clinical coagulation management and transfusion practice. *Transfus Med Rev.* 2012;26:1-13.
7. Weber CF, Gorlinger K, Meininger D, et al. Point-of-care testing a prospective, randomized clinical trial of efficacy in coagulopathic cardiac surgery patients. *Anesthesiol.* 2012;117:531-547.
8. Song J-G, Jeong SM, Jun IG, et al. Five-minute parameter of thromboelastometry is sufficient to detect thrombocytopenia and hypofibrinogenaemia in patients undergoing liver transplantation. *Br J Anaesth.* 2014;112:290-297.
9. Wikkelso A, Wetterslev J, Moller AM, et al. Thromboelastography (TEG) or thromboelastometry (ROTEM) to monitor haemostatic treatment versus usual care in adults or children with bleeding. *Cochrane Database Syst Rev.* 2016;8:CD007871.
10. Jackson GN, Ashpole KJ, Yentis SM. The TEG vs the ROTEM thromboelastography/thromboelastometry systems. *Anaesthesia.* 2009;64:212-215.
11. Lang T, Bauters A, Braun SL, et al. Multi-centre investigation on reference ranges for ROTEM thromboelastometry. *Blood Coagul Fibrinolysis.* 2005;16:301-310.
12. Hemker HC, Al Dieri R, De Smedt E, et al. Thrombin generation, a function test of the haemostatic-thrombotic system. *Thromb Haemost.* 2006;96:553-561.
13. Afshari A, Wikkelso A, Brok J, et al. Thrombelastography (TEG) or thromboelastometry (ROTEM) to monitor haemotherapy versus usual care in patients with massive transfusion. *Cochrane Database Syst Rev.* 2011;3:CD007871.
14. Tanaka KA, Bolliger D, Vadlamudi R, et al. Rotational thromboelastometry (ROTEM)-based coagulation management in cardiac surgery and major trauma. *J Cardiothorac Vasc Anesth.* 2012;26:1083-1093.
15. Bugaev N, Como JJ, Golani G, Freeman JJ, Sawhney JS, Vatsaas CJ, et al. Thromboelastography and rotational thromboelastometry in bleeding patients with coagulopathy: Practice management guideline from the Eastern Association for the Surgery of Trauma. *J Trauma Acute Care Surg.* 2020; 896:999-1017.
16. Görlinger K, Pérez-Ferrer A, Dirkmann D, Saner F, Maegle M, Calatayud ÁAP, et al. The role of evidence-based algorithms for rotational thromboelastometry-guided bleeding management. *Korean J Anesthesiol.* 2019;72:297-322.
17. Neef V, Piekarski F, Choorapoikayil S, Helmer P, Zacharowski K, Meybohm P, et al. German PBM (Patient Blood Management) Network Group. Physician's Subjective Increase in Awareness towards Perioperative Anaemia, Patient's Blood Resource, and Transfusion after the Implementation of Patient Blood Management: A Nationwide Multicentre Survey. *Acta Haematol.* 2022;145:38-45.