



**COMITÉ DE EDUCACIÓN CONTINUA Y CONTINUADA  
COORDINADORA: DRA ANA CLAUDIA PERÓN**

**PROGRAMA CONSULTA AL EXPERTO  
COORDINADORA: DRA GRACIELA LEÓN DE GONZÁLEZ**

**“APOYO DE LA TROMBOELASTOGRAFÍA EN EL USO DE  
COMPONENTES SANGUÍNEOS”**

**PROFESORA INVITADA: Dra Amalia Bravo Lindoro.** Médico Hematólogo Pediatra egresada del Instituto Nacional de Pediatría, México. Maestría en Administración en Servicios de Salud UNAM. Diplomado en Liderazgo y Alta Dirección para Médicos. Facultad de Medicina. Universidad Panamericana. [amaliabl@yahoo.com.mx](mailto:amaliabl@yahoo.com.mx)

## I. INTRODUCCIÓN

El uso liberal del recurso transfusional estaba universalmente difundido hasta la toma de conciencia de las complicaciones. En la actualidad, la transfusión de sangre es un factor de riesgo vinculable a mala evolución del paciente y ha sido demostrada su asociación con: un aumento de la mortalidad, prolongación de la estancia hospitalaria, infecciones, sepsis y disfunción multiorgánica. Los productos sanguíneos como el plasma fresco congelado (PFC) o la transfusión de plaquetas están relacionados con el desarrollo de daño pulmonar agudo y mayor riesgo de infecciones en pacientes críticos. Por lo que es importante encontrar estrategias para el uso óptimo de la sangre que permitan utilizar los componentes específicos, en las dosis adecuadas y considerando el riesgo-beneficio.<sup>1</sup>

La tromboelastografía (TEG) se ha convertido en una prueba indispensable en la atención médica moderna, especialmente en situaciones donde la monitorización de la coagulación es crítica. Su capacidad para proporcionar información en tiempo real sobre la coagulación del paciente mejora la toma de decisiones clínicas y ha llevado a una mejor gestión de la transfusión sanguínea sobretodo de pacientes con hemorragia aguda.<sup>2</sup>

La historia de la tromboelastografía (TEG) se remonta a 1948 cuando fue desarrollada por el anestesiólogo Dr. Helmut Hartert en Alemania, quien buscaba una mejor comprensión de la coagulación sanguínea y la capacidad de predecir y manejar la coagulopatía perioperatoria en pacientes sometidos a cirugías de alto riesgo. Introdujo la primera versión del tromboelastógrafo y lo llamó "Thrombelastograph" (el nombre original en alemán). Esta innovadora tecnología fue diseñada para proporcionar una evaluación dinámica de la coagulación de la sangre, a diferencia de las pruebas de coagulación estándar que solo ofrecían información estática.<sup>4</sup> Durante años permaneció como una herramienta poco utilizada y fue hasta mediados de los años ochenta que el Dr. Kang y colaboradores

la retoman para el manejo de la coagulopatía durante el trasplante hepático y la cirugía cardíaca con circulación extracorpórea. <sup>5</sup>

La TEG es una prueba no invasiva que mide de manera cuantitativa la habilidad de la sangre completa para formar un coágulo. El principio de esta prueba *in vitro* consiste en detectar y cuantificar los cambios dinámicos de las propiedades viscoelásticas de una muestra de sangre durante la coagulación. <sup>6</sup> **(Figura 1)**

La tromboelastometría rotacional (ROTEM) evolucionó a partir de la tecnología TEG, y ambos dispositivos generan resultados mediante la transducción de cambios en la fuerza viscoelástica de una pequeña muestra de sangre coagulante (300  $\mu$ L) a la que se aplica una fuerza de rotación constante. Estos dispositivos de “**point of care**” permiten la evaluación visual de la coagulación sanguínea desde la formación del coágulo, su propagación y estabilización, hasta su disolución. El análisis informático de los resultados permite generar datos sofisticados sobre la cinética de formación/disolución del coágulo y su fuerza. La activación de la formación del coágulo puede ser iniciada tanto por activadores intrínsecos (caolín) como extrínsecos (factor tisular). Además, se puede evaluar la contribución independiente de las plaquetas y el fibrinógeno a la fuerza final del coágulo mediante la adición de inhibidores plaquetarios. Cada vez más, el análisis con ROTEM y TEG se está incorporando en algoritmos para diagnosticar y tratar hemorragias en poblaciones de alto riesgo, como aquellos sometidos a cirugía cardíaca o que sufren traumas contusos.

En el caso de ROTEM se vale de distintas pruebas (EXTEM, INTEM, FIBTEM) y parámetros (Tiempo de coagulación CT, Tiempo de formación del coágulo CFT, Ángulo alfa  $\alpha$ , Máxima firmeza del coágulo MCF, Amplitudes a distintos tiempos A10/A20, Índice de lisis a los 30 minutos IL30 y Máxima Lisis ML) que son determinados en tiempo real y representados por medio de gráficos denominados

TEMogramas. **(Figura 2)** La correcta interpretación de dichos gráficos permite realizar una terapia específica e inmediata frente a una alteración hemostática <sup>7,8</sup>

FIGURA 1

Principio de tromboelastografía

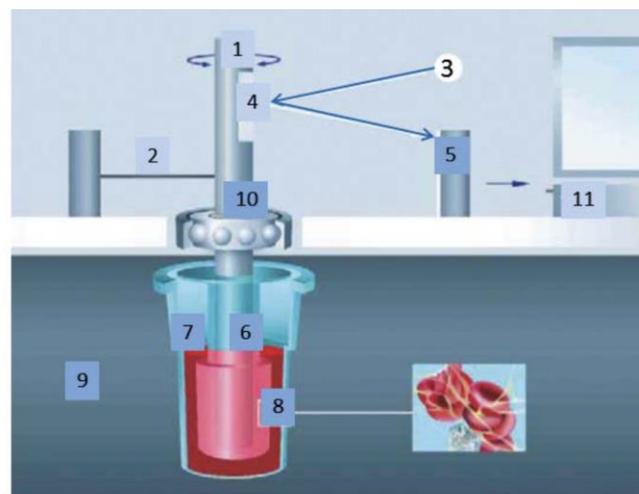


Figura 1. Principio de tromboelastometría con: 1 Eje (~4.75 °), 2 Resorte, 3 Fuente de luz/diodo, 4 Espejo, 5 Dispositivo de detección (cámara eléctrica), 6 Pin sensor, 7 Cubeta (vaso) llena de sangre, 8 Fibras de fibrina y agregado de plaquetas, 9 Portacubetas calentado, 10 Rodamientos, 11 Procesamiento de datos. Gráfico obtenido a partir del manual del usuario Tromboelastómetro ROTEM® delta (5).

Fuente: López MS, Martinuzzo M, Fares A y cols. Tromboelastometría y tromboelastografía. Acta Bioquím Clín Latinoam 2016; 50 (2): 319-28

Un tromboelastograma normal se representa esquemáticamente en la Figura 2

FIGURA 2

## REPRESENTACIÓN ESQUEMÁTICA DE UN TEM

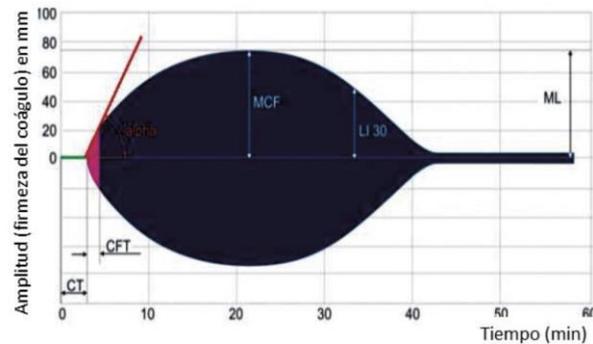


Figura 2. Representación gráfica de un TEMograma obtenido a través del equipo TEM con los parámetros principales. CT= tiempo de coagulación, Alpha= ángulo de apertura, CFT= tiempo de formación del coágulo, MCF= Firmeza máxima del coágulo, Lys 30= índice de lisis a los 30 min del CT, representa firmeza remanente. ML=máxima lisis, representa firmeza perdida al momento de la medida.

Fuente: López MS, Martinuzzo M, Fares A y cols. Tromboelastometría y tromboelastografía. Acta Bioquím Clín Latinoam 2016; 50 (2): 319-28

## II. APLICACIONES CLÍNICAS. <sup>9</sup>

La indicación clínica principal para el uso de ROTEM y TEG es la obtención rápida de datos sobre posibles defectos hemostáticos en pacientes con sangrado. El uso de ROTEM y/o TEG, en conjunto con algoritmos de transfusión, permiten llevar a cabo una terapia hemostática dirigida a objetivos específicos mediante la administración de productos sanguíneos no eritrocitarios para abordar deficiencias particulares. Esta estrategia reduce la administración total de productos sanguíneos alogénicos en comparación con una estrategia de transfusión empírica o basada en pruebas de laboratorio con tiempos de respuesta prolongados. El tiempo de respuesta para los laboratorios estándar (TP, TTPa, concentración de fibrinógeno y recuento de plaquetas) generalmente son considerados muy largos (45–60 min)

para guiar una terapia hemostática en pacientes con sangrado agudo a diferencia de las medidas ROTEM y TEG de 15 a 20 min.<sup>6</sup>

### **Cirugía Cardiovascular**

El sangrado en las cirugías cardíacas en pacientes pediátricos y adultos es un problema clínico común; no es sorprendente que se hayan estudiado algoritmos que incorporan un análisis completo de ROTEM y TEG para el diagnóstico y tratamiento del sangrado en este contexto. Dirigiendo el tratamiento al reemplazo del componente específico parecen reducir la transfusión general de productos sanguíneos eritrocitarios y no eritrocitarios en comparación con la terapia empírica o la transfusión basada exclusivamente en las pruebas de coagulación estándar. La carga total de transfusión se reduce, la distribución de la transfusión de productos no eritrocitarios cambia, de modo que se administra menos plasma fresco congelado a favor del concentrado de complejo de protrombina, el concentrado de fibrinógeno y los concentrados de plaquetas. Varios estudios han demostrado consistentemente que los requisitos de transfusión disminuyen en un 50% en pacientes sometidos a cirugía cardíaca cuando se emplean pruebas de diagnóstico en el punto de atención de manera estandarizada. Además, se ha demostrado que el uso del TEG después de la CEC (circulación extracorpórea) tiene mayor sensibilidad y especificidad para identificar a pacientes con riesgo de sangrado en comparación con las pruebas de coagulación estándar. Cabe destacar que el TEG también ha demostrado ser superior a otras pruebas de coagulación para identificar a pacientes con sangrado postoperatorio que requieren una reexploración urgente. La precisión en predecir hemorragias postoperatorias y la necesidad de reexploración en pacientes sometidos a cirugía cardíaca alcanzó un 87% con el TEG, mientras que para el tiempo de coagulación activada fue del 30% y para las pruebas de coagulación estándar fue del 51%.<sup>1,4,6</sup>

Cammerer, mostró que el TEG tiene un 82% de valor predictivo en distinguir el sangrado postoperatorio de las coagulopatías. Varios grupos han demostrado que el uso del TEG junto con un algoritmo de transfusión disminuye las transfusiones de productos sanguíneos y las reexploraciones en pacientes adultos y pediátricos sometidos a cirugía cardíaca.<sup>10</sup>

### **Trasplante hepático**

La TEG se utiliza en el trasplante de hígado para minimizar el sangrado y ayudar en el manejo de sangrado excesivo. Debido a que muchos de estos pacientes tienen una función sintética hepática gravemente deteriorada, también presentan múltiples alteraciones en el sistema hemostático (por ejemplo, niveles reducidos de factores de coagulación y plaquetas, anormalidades cualitativas de plaquetas relacionadas en parte con productos de degradación de fibrinógeno elevados y un estado similar a la coagulación intravascular diseminada). Por lo tanto, estos pacientes frecuentemente presentan una hemostasia deteriorada e hiperfibrinólisis y están en riesgo no solo de sangrado, sino también de trombosis. Cabe destacar que nuestra comprensión de la coagulopatía que existe en la enfermedad hepática en etapa terminal ha cambiado y ya no se ve como una tendencia al sangrado, sino más bien como una hemostasia reequilibrada con niveles reducidos tanto de factores de coagulación como de proteínas anticoagulantes. La tendencia trombótica de estos pacientes es cada vez más reconocida, ya que frecuentemente presentan deficiencias de proteínas anticoagulantes como la antitrombina, la proteína S y la proteína C. Es importante destacar que TEG y ROTEM son únicos entre las pruebas de laboratorio, ya que pueden detectar no solo una hemostasia deteriorada e hiperfibrinólisis, sino también una trombofilia, también tienen ventaja para detectar disfibrinogenemia, que es común en la enfermedad hepática.

Normalmente, durante el trasplante de hígado, se realizan TEG y ROTEM en tres etapas: etapa 1, antes de la extracción del órgano enfermo; etapa 2 (etapa

anhepática), después de la extracción del órgano enfermo, pero antes de la colocación de un nuevo órgano; y etapa 3, después de la colocación del nuevo hígado. El paciente experimenta cambios drásticos en la hemostasia durante la etapa anhepática, así como inmediatamente después de que se restablece el flujo sanguíneo al nuevo hígado. La hiperfibrinólisis se observa frecuentemente en la etapa anhepática debido a la acumulación de activador del plasminógeno tisular causada por una depuración hepática inadecuada y la liberación de sustancias “*heparin like*”,-exógenas y endógenas. Estas sustancias provocan un reequilibrio de la hemostasia hacia la hiperfibrinólisis, causando un efecto similar al de la heparina con un aumento en la inhibición mediada por antitrombina de los factores de coagulación sanguínea, especialmente la trombina y el factor Xa. Kang y cols., demostraron la eficacia de administrar agentes antifibrinolíticos para reducir el sangrado excesivo en la etapa 3 en pacientes con hiperfibrinólisis detectada mediante TEG. Al igual que en la cirugía cardíaca, el uso de TEG en el trasplante de hígado se puede utilizar para optimizar el manejo del sangrado microvascular al guiar la transfusión de componentes sanguíneos hemostáticos y minimizar las transfusiones innecesarias.<sup>4,11</sup>

## **Trauma**

Los pacientes con traumatismos a menudo tienen lesiones numerosas en órganos vitales y requieren transfusiones masivas. Aproximadamente el 25% de los pacientes con traumatismos que llegan al departamento de emergencias tienen parámetros de coagulación anormales relacionados con el daño tisular y la coagulación intravascular diseminada mediada por el factor tisular liberado. La probabilidad de muerte en estos pacientes es casi cuatro veces mayor que en los pacientes con traumatismos sin coagulopatía. Muchos pacientes con traumatismos presentan coagulopatía al inicio debido no solo a sus lesiones, sino también a los efectos de la administración de líquidos de reanimación no hemostáticos (por

ejemplo, cristaloides, coloides y concentrados eritrocitarios), mientras que las plaquetas y el crioprecipitado a menudo se olvidan o se administran más tarde. Los estudios de TEG han demostrado que la identificación temprana y la corrección de la coagulopatía en pacientes con traumatismos conducen a mejores resultados. Sin embargo, una revisión de Cochrane sobre el uso de TEG y ROTEM en pacientes con traumatismos que reciben transfusiones masivas encontró que estas pruebas no tuvieron un efecto estadísticamente significativo en la mortalidad general, pero sí tuvieron un efecto significativo en el sangrado. <sup>6,12</sup>

### **Obstetricia**

Las pruebas de coagulación de laboratorio estándar tienen una correlación deficiente con la pérdida de sangre en la hemorragia posparto (HPP) y se ha sugerido un papel para los algoritmos completos basados en ROTEM y TEG para el diagnóstico y tratamiento de deficiencias específicas de la coagulación en estos pacientes. Son particularmente útiles dada la ocurrencia común de hipofibrinogenemia e hiperfibrinólisis. Sin embargo, es importante señalar que la coagulopatía de la HPP es multifactorial (dilucional, quirúrgica, embolia de líquido amniótico y desprendimiento de placenta).<sup>6</sup>

### **III. EXPERIENCIA EN EL INSTITUTO NACIONAL DE PEDIATRÍA**

Desde mayo de 2021 el banco de sangre implementó la prueba de tromboelastografía (ROTEM delta) para que estuviera disponible las 24 horas en caso de algún sangrado o trauma que se presente en pacientes de los diferentes servicios con los que cuenta el Instituto Nacional de Pediatría, logrando con esto una centralización de las necesidades, asegurando un buen control de calidad del equipo y entrenamiento efectivo del operario, contando con la posibilidad vía remota del envío de resultados a las áreas solicitantes, principalmente las áreas quirúrgicas siendo las principales causas de estas pruebas: el trasplante hepático, cirugía

cardiovascular para cardiopatías congénitas complejas, así como hemorragia masiva por diferentes patologías. El trasplante hepático y la cirugía cardiovascular son guiados por los algoritmos <sup>13</sup>

A la fecha se han procesado cerca de 500 pruebas que han servido para la orientación del médico en la administración del componente sanguíneo específico así como en la oportunidad de uso de medicamentos antifibrinolíticos y hemoderivados como el complejo protrombínico y el concentrado de fibrinógeno.

#### **IV. CONCLUSIONES**

Las pruebas de TEG y ROTEM miden las propiedades viscoelásticas de la sangre en condiciones estáticas y no bajo condiciones del flujo que normalmente existen en un vaso sanguíneo “in vivo”. Su ventaja radica en que los resultados de las pruebas están disponibles más rápidamente para permitir tomar decisiones críticas de atención al paciente. Son útiles para detectar fibrinólisis, que no es evaluada rápidamente por ningún otro ensayo de laboratorio disponible. Se ha demostrado que pueden guiar una terapia transfusional mucho más específica, disminuyendo efectos adversos y costos.

Generalmente estas pruebas son pruebas **point of care**, sin embargo pueden ser realizadas en los laboratorios centrales con el fin de mejorar los estándares de control de calidad, aseguramiento de calidad y monitoreo de competencia del usuario, transmitiendo las gráficas en tiempo real a las sala de operaciones, sala de urgencias, etc, permitiendo resultados para facilitar la toma de decisiones en tiempo real con resultados confiables, como es el caso en el Instituto Nacional de Pediatría.

La realización de estas pruebas está plenamente justificada en Cirugía cardiovascular, Trasplante hepático, Trauma y continua en evaluación en otras patologías

## Referencias

1. **Góngora FG, Canle O, Begue G, y cols.** Eficacia de un programa de gestión de sangre en pacientes sometidos a cirugía cardíaca . Rev Argent Anesthesiol 2017;**75(3)**:100-105
2. **Barraza CA, Díaz FS, Sosa GJ.** Tromboelastografía como guía para la toma de decisiones en el perioperatorio. Rev Mex Anesthesiol 2015;38(4):277-284
3. **Pérez CA, Girardo CL, Aguilar VK y cols.** Informe del primer caso de manejo transfusional guiado por tromboelastometría rotacional en México y revisión de la bibliografía. Cir Cir 2019;87(S1):1-7
4. **Schmidt A, Israel AK, Refaai M.** The Utility of Thromboelastography to Guide Blood Product Transfusion. Am J Clin Pathol 2019; XX:1–16
5. **Kang Y, , Douglas J, Marquez J y cols.** Intraoperative Changes in Blood Coagulation and Thromboelastographic Monitoring in Liver Transplantation. *Anesth Analg* 1985;64(9): 888–896.
6. **Whiting D. DiNardo A.** TEG and ROTEM: Technology and clinical applications. AJH.2014;89,2: 228-232
7. **López MS, Martinuzzo M, Fares A et al.** Tromboelastometría y tromboelastografía. Acta Bioquím Clín Latinoam 2016; 50 (2): 319-28
8. **Guía de entrenamiento para usuarios ROTEM.** Consultada en: <https://www.felsan.com.ar/usuarios/8c25e304-7092-425f-a6a1-4f0244211bcf>. 28/jul/2023
9. **Shaydakov ME, Sigmon DF, Blebea J.** Thromboelastography 2023 Apr 10. In: StatPearls [Internet]. Treasure Island (FL): Stat Pearls Publishing; 2023 Jan. PMID: 30725746
10. **Cammerer U, Dietrich W, Rampf T, et al.** The predictive value of modified computerized thromboelastography and platelet function analysis for postoperative blood loss in routine cardiac surgery. *Anesth Analg.* 2003; 96:51-57.
11. **Yoon J-U, Cheon J-H, Choi YJ, et al.** The correlation between conventional coagulation tests and thromboelastography in each phase of liver transplantation. *Clin Transplant.* 2019;33: e13478. <https://doi.org/10.1111/ctr.13478>
12. **Hunt H, Stanworth S, Curry N, Woolley T, Cooper C, Ukoumunne O, Zhelev Z, Hyde C.** Thromboelastography (TEG) and rotational thromboelastometry (ROTEM) for trauma-induced coagulopathy in adult trauma patients with bleeding. Cochrane Database of Systematic Reviews 2015, Issue 2. Art. No.: CD010438. DOI: 10.1002/14651858.CD010438.pub2.
13. **Görlinger K, Pérez-Ferrer A, Dirkmann D, et al.** The role of evidence-based algorithms for rotational thromboelastometry-guided bleeding management. Korean J Anesthesiol 2019 August 72(4): 297-322 <https://doi.org/10.4097/kja.19169>