

## ARTÍCULO DE REVISIÓN

# Tromboelastografía

**Fernando Raffán Sanabria MD\***, **Francisco J. Ramírez P. MD\***,  
**Juan Andrés Cuervo MD\*\*\***, **Lina F. Sánchez Marín\*\*\*\***

## RESUMEN

*El propósito de este artículo de revisión, es orientar a sus lectores en el campo correspondiente a la tromboelastografía, como una herramienta más en la evaluación y manejo perioperatorio del paciente, con trastornos de la coagulación, haciendo énfasis en sus bases físicas, muestreo, análisis de los resultados y posibles aplicaciones en los diferentes campos de la medicina. Esta tecnología irá tomando acogida en nuestro país, en la medida en que las diferentes instituciones empiecen a tener acceso a ella.*

**Palabras claves:** Trastornos de coagulación, control, tromboelastografía.

## SUMMARY

*The purpose of this review article is to show the readers that tromboelastógram is an adjuvant tool in the perioperative evaluation and management of the patient with coagulation disorders. An emphasis is made on the physics bases, sampling, análisis of its results and posible applications in the different medical fields. This technology will take an important role in our County as the different institutions began having access to this area.*

**Key words:** Coagulation disorders, control, tromboelastography.

## INTRODUCCIÓN

La disponibilidad de determinar de manera adecuada el proceso de coagulación de un paciente, tanto en salas de cirugía como en cuidado intensivo, presenta con frecuencia para el clínico dificultades tanto en la interpretación como en manejo. Existen actualmente muchos exámenes sofisticados para determinar la falla hemostática, asistiendo en el diagnóstico, pero dichos exámenes no son

prácticos ni fácilmente disponibles cuando se hace necesarios de manera urgente.

En salas de cirugía frente a un paciente sangrando con cambios rápidos y complejos en el sistema hemostático, se hace indispensable información oportuna, ojalá en tiempo real y altamente confiable, para tomar decisiones efectivas. Día a día los bancos de sangre se encuentran en aprietos, para surtir productos sanguíneos y al mismo tiempo la literatura ha venido reforzando los problemas asociados a la transfusión inapropiada de dichos productos.

\* Anestesiólogo Intensivista, Profesor Asociado Universidad del Bosque, Jefe de Transplantes Fundación Santa Fé de Bogotá, Colombia

\*\* Anestesiólogo Intensivista Fundación Santa Fé de Bogotá, Colombia

\*\*\* Residente Anestesiología 3er Año, Colombia

\*\*\*\* Bacterióloga, Microbióloga

Recibido: Agosto 1 de 2005

Aceptado para publicación: Septiembre de 2005

Actualmente sólo se dispone de un método único que evalúe tanto la formación del coágulo como su lisis. El método que mide las propiedades viscoelásticas de la sangre se denomina tromboelastografía (TEG), desarrollada por primera vez en Alemania por el doctor Hartert en 1948; esta técnica permaneció durante muchos años como una herramienta del laboratorio, ganando uso clínico solamente a mediados de los años 80, cuando el doctor Kang y colaboradores lo retoman para el manejo de la coagulopatía, durante el trasplante hepático y la cirugía cardíaca con circulación extracorpórea<sup>10</sup>.

El presente artículo de revisión, escrito por primera vez en Colombia, pone de manifiesto los principios, la interpretación y la aplicación clínica de dicho monitor.

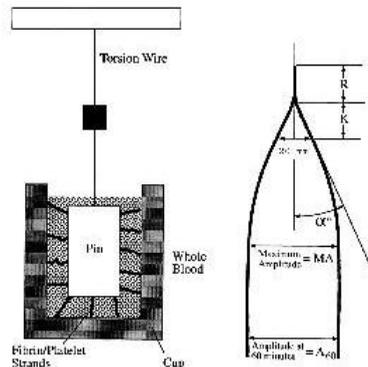
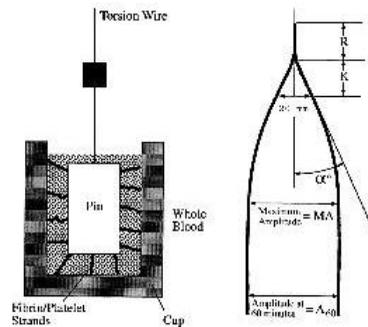
### ASPECTOS TÉCNICOS

El tromboelastograma es un dispositivo hoy en día computarizado, que mide las propiedades viscoelásticas de la sangre, de una forma dinámica y global, ya que documenta la integración de las plaquetas con la cascada de la coagulación.

Esta prueba se realiza *in Vitro*, empleando una cubeta o copa en donde se depositan 0,36cc de sangre, la cual se gradúa previamente de acuerdo a la temperatura del paciente y durante un período de 10 segundos. La muestra es sometida a un proceso de rotación y de oscilación a 4°45".

La sangre depositada en la copa, se encuentra en contacto con un pin, el cual se halla suspendido libremente dentro de la muestra y que, a su vez, está conectado por su extremo distal a una guía o cable de torsión que lo hace girar; a medida que la sangre se coagula modifica la resistencia del pin; estas variaciones obtenidas por las características del coágulo y de su etapa evolutiva, son registradas por un transductor electromecánico, el cual convierte la rotación del pin en una señal eléctrica, documentando así las distintas etapas de la coagulación, es decir, la formación de la fibrina, la retracción del coágulo, la agregación plaquetaria y la lisis del coágulo.

En salas de cirugía de la Fundación Santa Fe de Bogotá, tenemos a nuestra disposición un analizador computarizado para el registro tromboelastográfico (Haemoscope corp), el cual posee dos canales de trabajo y se encuentra, a su vez, conectado a un computador de escritorio previamente alimentado con un software, necesario para garantizar el funcionamiento del aparato, registro gráfico de la coagulación e interpretación.



Las diferentes etapas de la coagulación son verificadas en sus respectivos momentos, mediante el uso de siete variables, así:

**R: Tiempo de reacción:** se encarga de evaluar el tiempo transcurrido desde que se coloca la muestra, hasta cuando empieza la formación de las primeras bandas de fibrina. Puede prolongarse cuando existen deficiencias de factores de la coagulación, acción de la heparina, warfarina, e incluso las heparinas de bajo peso molecular. Su acortamiento implica hipercoagulabilidad de cualquier etiología, como por ejemplo en casos como la cirrosis biliar primaria o la colangitis esclerosante. También puede aplicarse como una medida objetiva de la reversión de los agentes anticoagulantes. Su valor normal va de 4 – 8 minutos

**K: Tiempo de coagulación:** también corresponde a una medida de tiempo, y registra el lapso que transcurre desde el comienzo de la formación de fibrina, hasta que el coágulo llega a su máxima fuerza o la amplitud del tromboelastograma alcanza 20mm, es decir, evalúa el tiempo de formación del coágulo. Este tiempo se puede acortar cuando hay aumento en la función plaquetaria, cuando el fibrinogeno se aumenta y se puede prolongar igualmente con deficiencia de factores de la coagulación o en presencia de agentes anticoagulantes o

antiagregantes plaquetarios. Su valor normal va desde 1 - 4 minutos.

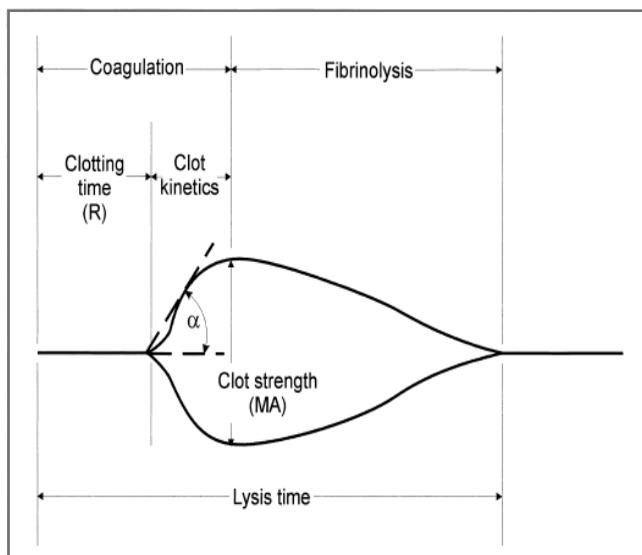
**Ángulo alfa:** Formado por el brazo de R y la pendiente de K. Lo cual refleja la velocidad de formación del coágulo, motivo por el que aumenta su angulación, cuando existe hiperagregabilidad plaquetaria, o elevación del fibrinógeno, y disminuye en presencia de agentes anticoagulantes, o de antiagregantes plaquetarios. Su valor normal va de 47 a 74 grados.

**MA: Amplitud máxima.** Se mide en mm y evalúa el momento en que el coágulo alcanza su máxima fortaleza, dependiendo de la interacción entre la fibrina con el número y función de las plaquetas. Su valor normal va desde 55 - 73 mm.

**LY30:** Es la medida en porcentaje de la lisis del coágulo después de que ha alcanzado la máxima amplitud, reflejando la estabilidad del coágulo. Por lo tanto, se aumenta en procesos en los cuales haya algún grado leve o severo de fibrinólisis secundaria. Su valor normal va del 0 al 8%.

**G:** Mide la firmeza del coágulo de forma global, su valor se da en dinas por cm<sup>2</sup>. Su fórmula es como sigue:  $5000MA/(100 - MA)$ , una medida muy sensible a pequeños cambios en MA, que reflejan alteraciones en la firmeza del coágulo.

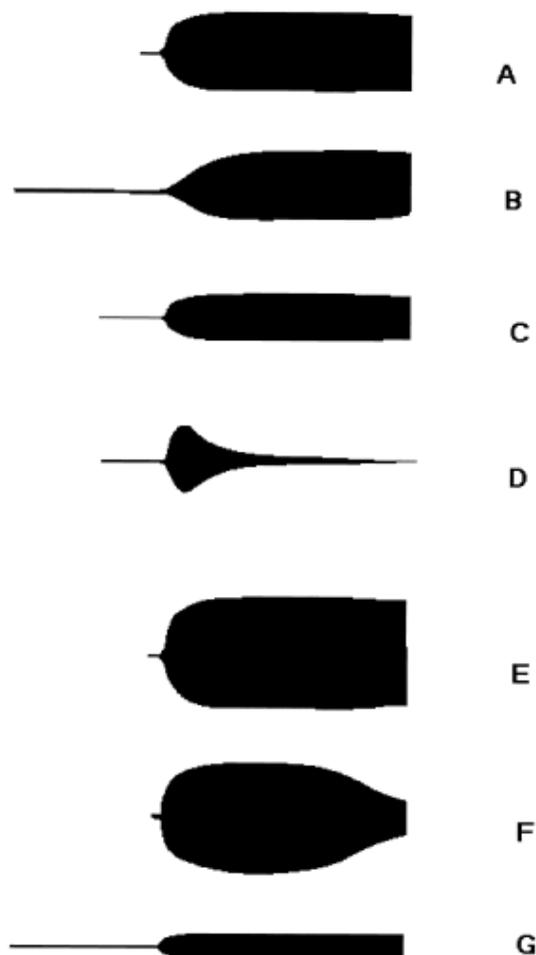
**IC: Índice de coagulación:** mide en forma global el estado de coagulación de un paciente y sus valores normales están entre -3 y 3. Valores inferiores a -3 indican hipocoagulabilidad de cualquier etiología y valores por encima de 3 significan hipercoagulabilidad.



**Figura 2** Esquema del tromboelastograma normal.

Varias modificaciones han sido realizadas para optimizar el funcionamiento del tromboelastógrafo; dentro de éstas se encuentra la posibilidad de emplear heparinasa para evaluar la formación del coágulo durante la heparinización, uso que se ha visto reflejado en cirugía cardíaca, para definir la necesidad de revertir el efecto de la heparina con la protamina, especialmente en aquellos casos complicados que han requerido un tiempo prolongado de circulación extracorpórea, hipotermia profunda o empleo de aparatos para asistencia ventricular.

Son múltiples los diagramas reportados por el tromboelastógrafo. Es así como debemos familiarizarnos con la interpretación de las curvas, según la patología del paciente. Ver figura 3.



**Figura 3:** Figuras características del tromboelastograma: A: Normal, B: prolongada, (anticoagulación y deficiencia de factores) C: Amplitud Máxima disminuida (trombocitopenia y bloqueadores de la función plaquetaria) D: fibrinólisis E: Hipercoagulabilidad, F: Coagulación intravascular diseminada, G: CID estadio tardío, (hipocoagulabilidad).

Dentro de las principales ventajas que ofrece, podemos mencionar el análisis *in Vitro* de la relación entre los diferentes componentes de la coagulación; es así como podemos observar la relación existente entre plaquetas, fibrinógeno y proteínas de la coagulación de forma integral. Recordemos que el análisis de los tiempos de coagulación se realiza de forma aislada en el plasma del paciente y no tenemos forma de observar su asociación con el entorno fisiológico del mismo. Las mediciones del tiempo de protrombina (TP) y el tiempo parcial de tromboplastina (TPT) están representadas sólo en la medición del R y de la K en el tromboelastograma.

El TEG se ha utilizado en múltiples campos clínicos, donde su implementación ha determinado un cambio importante en las conductas de los médicos anestesiólogos e intensivistas, que tienen contacto a diario con problemas de la coagulación.

Los agentes antifibrinolíticos, tales como el Ácido epsilon aminocapróico, el ácido tranexámico y la aprotinina, también pueden adicionarse para evaluar su efectividad en el tratamiento de trastornos en la función e integración de plaquetas y fibrina, así como de la fibrinólisis<sup>2</sup>.

Shore-Lesserson y colaboradores, demostraron que el uso rutinario del TEG, implica menos transfusión de componentes sanguíneos al compararse con una terapia transfusional, basada en pruebas de laboratorio rutinarias, en pacientes llevados a cirugía cardiovascular mayor<sup>3</sup>. Esto implica una disminución de los costos y de la exposición innecesaria por parte de los pacientes a la sangre y sus derivados.

En el campo de la Obstetricia el aporte de la Tromboelastografía no es menos importante. El embarazo está asociado con un estado de hipercoagulabilidad, dado por un aumento de la agregación plaquetaria, incremento de los factores de la coagulación y disminución de los factores de fibrinólisis, proteína C y S y antitrombina III. Los principales cambios observados en el primer trimestre del embarazo, corresponden a una baja de la R, aumento del MA y CI. A pesar de la disminución de las plaquetas se evidencia una optimización de la integración entre el fibrinógeno y las plaquetas. Esta relación es más fuerte en correspondencia con el desarrollo del embarazo.

Actualmente el TEG se emplea para determinar la pertinencia o no de la anestesia regional, en pacientes con patología que comprometen el conteo plaquetario, tal como ocurre en la hipertensión inducida por el embarazo complicada.

Sharma y colaboradores demostraron que la amplitud máxima no disminuía hasta que se alcanzaban conteos plaquetarios menores de 70.000 /mm<sup>3</sup>. La tendencia actual es la no administración de anestesia regional, con conteos menores de 100.000/mm<sup>3</sup>; por lo tanto, se abre una brecha terapéutica importante y relativamente segura de administración de anestesia regional, con conteos plaquetarios entre estos dos valores<sup>4</sup>.

Las pacientes con riesgo de Coagulación intravascular diseminada (CID), dentro de las que podemos mencionar, abrupcio de placenta, muerte fetal *in útero*, sépsis, preeclampsia, son otro reto para su manejo anestésico.

La valoración de esta patología mediante el TP, TPT, fibrinógeno y productos de la degradación del mismo aunque son confiables, hasta un 15% de las pacientes pueden tener valores normales de laboratorio, haciendo referencia a los productos de degradación de la fibrina, sin que esto refleje la realidad de lo que está ocurriendo.

Otro de los factores que puede alterar el valor de los resultados de estas pruebas, obedece a la alteración de la depuración renal, la cual se encuentra frecuentemente comprometida en los pacientes severamente enfermos; por lo tanto, niveles elevados de estos productos no siempre implican una elevación en la producción de los mismos. Así, la TEG puede ser de utilidad en este tipo de patologías.

Más recientemente el valor de la MA se puede emplear para evaluar la actividad del fibrinógeno, mediante la eliminación de la actividad plaquetaria, al agregar anticuerpos monoclonales específicos para receptores plaquetarios GPIIb/IIIa.

La cirugía de trasplante hepático está asociada a cambios dramáticos y rápidos en las variables de la coagulación.

El conocimiento de las alteraciones inherentes al paciente con patología hepática, evidencia la presencia de deficiencia de factores de la coagulación, cambios endoteliales, secuestro plaquetario que ocurre en el hígado y el bazo, trastorno en la eritropoyesis y disfunción megacariocitaria, entre otras.

Cabe resaltar que la cirrosis biliar primaria, colangitis esclerosante y el hepato carcinoma, son entidades que cursan con estados de hipercoagulabilidad, a diferencia de las otras entidades hepáticas que cursan con disminución de los sistemas de coagulación.

En el paciente cirrótico la presencia de heparinoides circulantes se podría diagnosticar con esta técnica.

Durante el período post perfusión del transplante hepático se puede evidenciar el efecto heparínico de esta fase y permite otorgar un tratamiento óptimo, oportuno y adecuado.

En cirugía cardiovascular mayor, el empleo de la circulación extracorpórea, la heparinización del paciente, la hipotermia inducida y las pérdidas sanguíneas pueden llegar a generar cambios importantes en el sistema de la coagulación y de la fibrinólisis, dados principalmente por disfunción plaquetaria y dilución de los factores de la coagulación.

Spiess y colaboradores demostraron que el TEG es un buen indicador de la necesidad de revertir el efecto de la heparina con protamina, pudiéndose optimizar su empleo en caso de requerirse; además, es un mejor predictor de hemorragia postoperatoria y necesidad de reintervención al compararse con los tiempos de coagulación activado, y las pruebas de coagulación rutinarias<sup>1</sup>.

Spiess BD y colaboradores demostraron que al comparar pruebas de coagulación estándar con el TEG y sonoclot, a pesar de tener pruebas de coagulación normales existía disminución de los factores de fibrinólisis, proteína C y S y antitrombina III<sup>1</sup>.

En el campo correspondiente al uso de las heparinas de bajo peso molecular, utilizadas ampliamente en nuestro medio como fármaco único o combinado, para la profilaxis de la trombosis venosa profunda, conocemos las limitaciones para su valoración ya que la medición del Factor X activado no se realiza en nuestro medio, y en las instituciones donde sí se realiza es una prueba dispendiosa y costosa.

En estos casos el TEG reporta alargamiento del R asociado con su administración. Por lo tanto, surge como un método sencillo y rápido, que nos puede ayudar en la toma de decisiones respecto a la realización o no de intervenciones quirúrgicas o invasivas, en pacientes que requieren de este tipo de terapias.

Ha sido también manejada como factor predictor de infarto agudo del miocardio, en cirugía cardiovascular abdominal mayor, asociado a síndromes de hipercoagulabilidad, siendo más probable que se presente un infarto agudo del miocardio, si se tiene un MA amplio que un MA angosto<sup>7</sup>.

La utilidad de la tromboelastografía ha permitido la valoración del sistema de coagulación en la población pediátrica, debido a que aunque está establecido que los factores de coagulación están disminuidos en niños menores de 6 meses, no se evidencian alteraciones en la coagulación; de hecho, la velocidad de formación del coágulo es mayor an-

tes del año de vida, posterior al cual se normaliza a valores similares a los de los adultos. El diagnóstico temprano de sepsis, puede realizarse mediante el análisis del tromboelastógrafo, con una especificidad y sensibilidad aproximada del 96%, lo cual mejora en gran medida la sobrevivencia de estos pacientes<sup>8</sup>.

Dentro de otras múltiples utilidades de la tromboelastografía, podemos mencionar las alteraciones secundarias a la administración de productos sanguíneos, después de pérdidas importantes por trauma o cirugía mayor, valoración de la severidad de patologías del sistema de coagulación secundaria a mordedura de serpientes, y la adecuada instauración de terapia para entidades como hemofilia y la administración de factores VII, VII recombinante, en pacientes con inhibidores, y de deficiencia de otros factores como el VIII o IX<sup>6</sup>.

La tromboelastografía no pretende reemplazar los datos obtenidos mediante las pruebas estándar de laboratorio, al contrario debe ser complementario. El sistema de tromboelastografía no ha sido diseñado para identificar la deficiencia de un factor específico responsable de la patología.

Igualmente, se concluye que la tromboelastografía no puede ser utilizada como método de tamizaje en pacientes con trombofilia, ya que falla en el diagnóstico del 43% de los defectos trombofílicos de base. Sin embargo, puede ser de ayuda como método de apoyo cuando los procedimientos de diagnóstico tradicionales sugieren esta patología<sup>9</sup>.

La valoración de las alteraciones secundarias a la administración de aspirina a bajas dosis, no son medibles con la TEG, debido a que la modificación primaria está en relación con la adhesión a la pared endotelial por parte de las plaquetas, más que a una falla en los mecanismos de agregación<sup>10</sup>.

La tromboelastografía en Colombia es un tema novedoso que apenas inicia, y que seguramente con su adquisición en varios centros hospitalarios en el país, abrirá las puertas hacia la investigación en el área fascinante y compleja de la coagulación.

Es evidente que desde su invención, el tromboelastógrafo se ha convertido en una herramienta útil, como monitoreo al pie del paciente de trastornos de la coagulación, muchas veces de difícil interpretación con los exámenes convencionales. La posibilidad de un análisis global, que incluye la coagulación y la fibrinólisis, probablemente faciliten de manera razonable, la explicación de la patología, facilitando su manejo. Se ve en el espectro clínico las diferentes posibilidades de aplicación. A pesar de sus limitaciones, constituye un método

complementario de los trastornos de hipo e hipercoagulabilidad a que se ven sometidos los pacien-

tes, ya sea en forma natural, secundario a su patología de base o influenciada por su manejo médico.

## BIBLIOGRAFÍA

---

1. Spiess BD, Tuman KJ, McCarthy RJ, et al. Thromboelastography as an indicator of post-cardiopulmonary bypass coagulopathies. *J Clin Monit* 1987;3:25-30
2. Tuman KJ, Spiess BD, McCarthy RJ, et al. Comparison of viscoelastic measures of coagulation after cardiopulmonary bypass. *Anesth Analg* 1989;69:69-75
3. Shore-Lesserson L, Heather EM, Marietta D, et al. Thromboelastography guided therapy algorithm reduces transfusion in complex cardiac surgery. *Anesth Analg* 1999; 88:312-319
4. Sharma SK, Philip J, Whitten CW, et al. Assessment of changes in coagulation in parturients with preeclampsia using thromboelastography. *Anesthesiology* 1999;90: 385-390
5. Ingerslev J, Christiansen K, Calatzis A, et al. Management and monitoring of recombinant activated factor VII. *Blood Coagul Fibrinolysis* 2000;11(suppl):S25-S30
6. V. G. Nielsen , B. M. Cohen, Effects of coagulation factor deficiency on plasma coagulation kinetics determined via thromboelastography: critical roles of fibrinogen and factors II, VII, X and XII *Acta Anaesthesiol Scand* 2005; 49: 222-231
7. Douglas J. McCrath, MD, Elisabetta Cerboni, Robert J. Frumento, MS, MPH, Andrew L. Hirsh, BS, and Elliott Bennett-Guerrero, MD. Thromboelastography Maximum Amplitude Predicts Postoperative Thrombotic Complications Including Myocardial Infarction *Anesth Analg* 2005;100:1576-83
8. Grant HW, Hadley GP. Related Articles, Links Prediction of neonatal sepsis by thromboelastography. *Pediatr Surg Int.* 1997 Apr;12(4):289-92.
9. James O'Donnell, y cols, Role of the Tromboelastograph as an adjunctive test in trombofilia screening. *Blood Coagulation and Fibrinolysis*, 2004; 15: 207-211.
10. Mallett S.V, J. A Cox Tromboelastography, *British Journal of Anesthesia*, 1962; 69: 307-313