

El pez globo, la copa de champagne y las curvas tromboelastográficas. A propósito de dos casos

Raúl Carrillo Esper,* Adriana Denise Zepeda Mendoza,‡
 Manuel Alejandro Díaz Carrillo,‡ Ángel Augusto Pérez Calatayud,‡
 Agustín Omar Rosales Gutiérrez,‡ Jesús Arturo Rivero Martínez§

RESUMEN

La tromboelastografía es una herramienta que muestra las propiedades viscoelásticas de la sangre, desde la formación del coágulo hasta su fibrinólisis. El desarrollo de las curvas de la tromboelastografía ha permitido la evaluación y el seguimiento de los problemas complejos de la coagulación. La curva tromboelastográfica semeja en su contorno a un pez globo en el estado de hiperfibrinólisis y a una copa de champagne en caso de coagulación intravascular diseminada. El objetivo de este trabajo es dar a conocer esta importante herramienta en el diagnóstico y tratamiento de los pacientes con coagulopatía en la Unidad de Terapia Intensiva y recomendar una sencilla regla nemotécnica.

Palabras clave: Tromboelastografía, fibrinólisis, coagulación intravascular diseminada.

INTRODUCCIÓN

La tromboelastografía (TEG) es una herramienta que muestra las propiedades viscoelásticas de la sangre, desde la formación del coágulo hasta su fibrinólisis, convirtiéndose a través de los años en una herramienta diagnóstica muy útil en el paciente en estado crítico, especialmente en aquellos con trastornos de la coagulación que acompañan a la disfunción hepática, trauma mayor, cirugía cardio-

SUMMARY

Thromboelastography is a method of testing the efficiency of coagulation in the blood. Thromboelastography provides an effective and convenient means of monitoring whole blood coagulation. Fibrinolysis in thromboelastographic state resembles a blowfish and a glass of champagne in disseminated intravascular coagulation. The aim of this paper is to provide the fundamentals of thromboelastography in the Intensive Care Unit and recommend a simple mnemonic rule.

Key words: *Thromboelastography, fibrinolysis, disseminated intravascular coagulation.*

vascular y de trasplantes, entre otras situaciones.¹ La TEG se ha constituido en un método ágil y eficaz para el diagnóstico y el tratamiento de diversos estados patológicos en pacientes críticamente enfermos y el desarrollo de las curvas de la tromboelastografía, las cuales de acuerdo con sus características morfológicas semejan en su contorno a un pez globo en el estado de hiperfibrinólisis y a una copa de champagne en caso de coagulación intravascular diseminada.

* Academia Nacional de Medicina. Academia Mexicana de Cirugía. Jefe de la UTI, Fundación Clínica Médica Sur. Grupo Mexicano para el Estudio de la Medicina Intensiva.

† Residente de Medicina Intensiva. Fundación Clínica Médica Sur. Grupo Mexicano para el Estudio de la Medicina Intensiva.

§ Residente de Medicina Interna. Hospital General «Dr. Manuel Gea González».

CASO CLÍNICO 1

Paciente enferma de 71 años de edad con antecedentes de hipertensión arterial y cardiopatía isquémica, la cual presentó un paro cardiorrespiratorio. Se iniciaron maniobras de reanimación con base a los algoritmos recomendados por la *American Heart Association*, obteniendo retorno a la circulación espontánea. Durante las maniobras de reanimación se realizó la evaluación tromboelastográfica de la coagulación, en la cual se observó R de 3.3 mi-

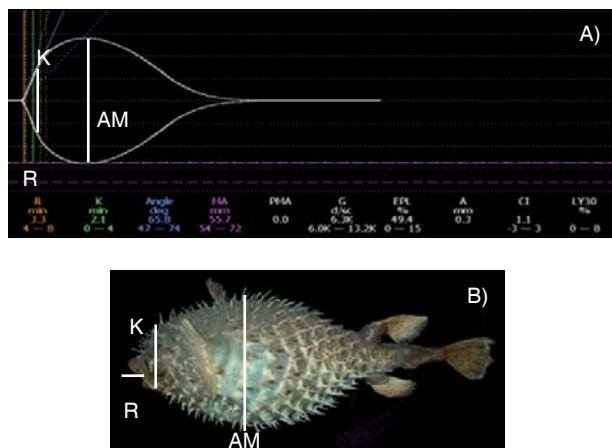


Figura 1. Se muestra la similitud de la morfología de la curva tromboelastográfica que se presenta en la fibrinólisis (A) con el pez globo (B). **R:** tiempo de reacción, **R+K:** tiempo de coagulación, **AM:** amplitud máxima.

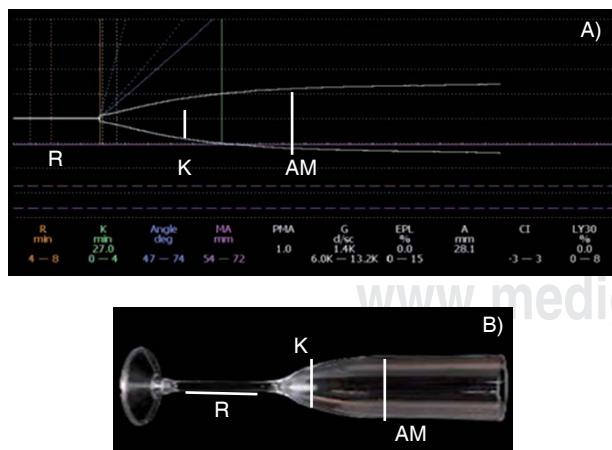


Figura 2. Se muestra la similitud de la curva tromboelastográfica que se presenta en la coagulación intravascular diseminada (A) con una copa de champagne (B). **R:** tiempo de reacción, **R+K:** tiempo de coagulación, **AM:** amplitud máxima.

nutos, K de 2.1 minutos, ángulo de 65.8, amplitud máxima de 55.7 y G de 12.1K, lo que corresponde a un estado hiperfibrinolítico (*Figura 1*).

CASO CLÍNICO 2

Paciente enferma de 64 años de edad con antecedentes de hepatitis C y trombosis de la vena porta y mesentérica superior, la cual fue tratada con trombólisis *in situ* y heparina. La paciente desarrolló neumonía, sepsis y coagulación intravascular diseminada (CID). En la curva tromboelastográfica se observó R de 5 minutos, K de 27 minutos, ángulo de 20 y amplitud máxima de 15, lo que corresponde a la coagulación intravascular diseminada (*Figura 2*).

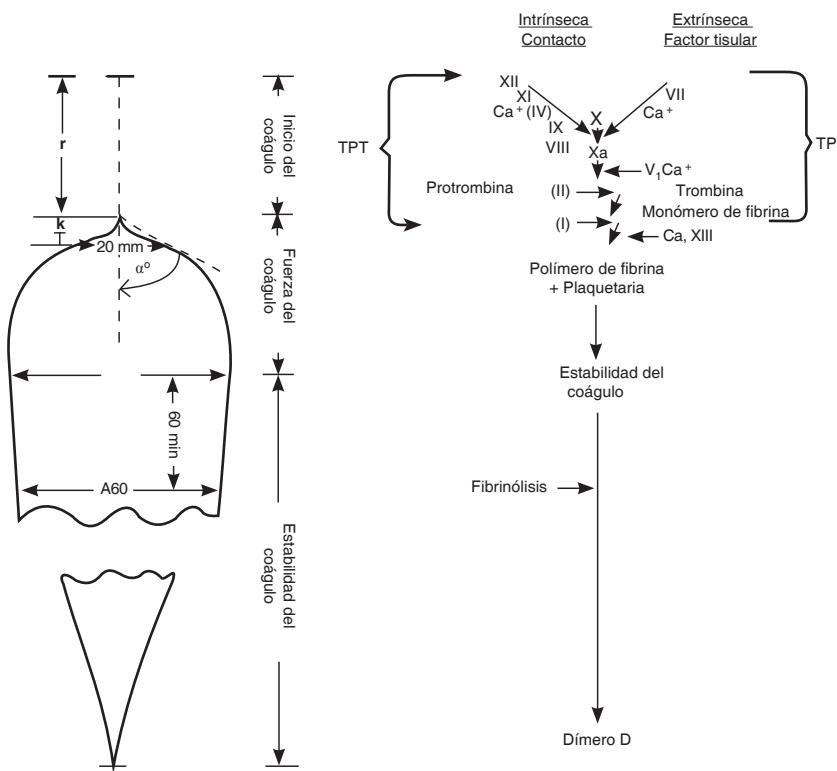
DISCUSIÓN

La disfunción de la coagulación es una complicación frecuente en los pacientes críticamente enfermos. La evaluación de la coagulación se puede desarrollar mediante diversos estudios como las pruebas globales de la coagulación, las cuales tienen como limitante no obtener parámetros dinámicos de la función de la coagulación, motivo por el cual recientemente se ha resaltado la importancia de la TEG.²

La TEG es la herramienta que permite medir las propiedades viscoelásticas de la sangre de una manera dinámica y global. Ésta fue desarrollada en Alemania en el año de 1948 por Hartert; sin embargo, durante muchos años permaneció como una herramienta poco utilizada, y durante la década de los años 80 Kang y colaboradores retomaron la evaluación tromboelastográfica en el monitoreo de la coagulación durante el trasplante hepático y la cirugía cardiaca con circulación extracorpórea.^{3,4}

Las fases de la curva tromboelastográfica son (*Figura 3*):

- 1) **R:** tiempo de reacción (minutos). Corresponde al intervalo entre el inicio de la coagulación hasta que la curva de tromboelastografía tiene una amplitud de 2 mm. Esta fase representa la velocidad de la generación de la tromboplastina y refleja la función del sistema intrínseco, especialmente la actividad de los factores XII, XI y VIII. Se prolonga por las deficiencias de los factores de coagulación y por el consumo de anticoagulantes (warfarina, heparinas), su acortamiento indica hipercoagulabilidad de cualquier origen. Su valor normal es de 4-8 minutos.^{5,6}

**Figura 3.**

Relación de la cascada de coagulación con la curva de tromboelastografía.

2) R + K: tiempo de coagulación (minutos). Es el intervalo entre el inicio de la coagulación hasta que la amplitud de la curva es de 20 mm. Mide la velocidad de formación de un coágulo con cierta solidez. Refleja la función del sistema intrínseco, las plaquetas y el fibrinógeno. En esta fase se alcanza el mayor aumento en la función plaquetaria y en la actividad del fibrinógeno, y se prolonga en caso de deficiencia de factores de coagulación o por consumo de antiagregantes plaquetarios. Se acorta cuando existe incremento en la función plaquetaria y su duración es de 1-4 minutos.^{5,6}

3) Ángulo alfa: es el ángulo formado por el brazo de R y la pendiente de K, es la velocidad de formación de un coágulo sólido. Esta fase indica la calidad del fibrinógeno y de las plaquetas, aumenta cuando existe hiperagregabilidad plaquetaria e hiperfibrinogenemia y se reduce en casos de anticoagulantes y antiagregantes plaquetarios. Su valor normal es de 47-74 grados.^{5,6}

4) MA: amplitud máxima (mm). Es la amplitud más grande que tiene el coágulo y es una función de elasticidad del coágulo. Aumenta cuando mejora la calidad de las plaquetas, del fibrinógeno y del factor XIII. Evalúa la máxima medida del trombo

y depende fundamentalmente de la interacción de la fibrina con las plaquetas, su valor normal es de 55-73 mm.^{5,6}

5) A60: es la amplitud a los 60 minutos de la amplitud máxima.^{5,6}

6) ILC: índice de lisis del coágulo (%). A60/MA. Es una medida en porcentaje que indica la proporción del coágulo que ha presentado fibrinólisis en un tiempo determinado, en este caso 30 minutos. Su valor normal es de 0-8%, y cuando se encuentran valores por encima de 8% es necesario pensar en estados de hiperfibrinólisis, tanto primaria como secundaria.^{5,6}

7) G: parte de la máxima amplitud, producto de la siguiente fórmula: $5,000 \text{ ma}/10-\text{ma}$; indica la firmeza del coágulo; su valor se expresa en números absolutos y es muy sensible a cambios de máxima amplitud.^{5,6}

8) IC: índice de coagulación. Es un valor en números que pueden ser negativos y positivos. Su intervalo va desde -3 a +3; por debajo indica hipocoagulabilidad y por encima hipercoagulabilidad.^{5,6}

9) F: lisis del coágulo (minutos). Mide el intervalo desde la amplitud máxima hasta una amplitud 0 en la curva y representa la actividad fibrinolítica.^{5,6}

El paciente críticamente enfermo presenta una grave disfunción endotelial y necesariamente ésta misma lo lleva a una disfunción en la coagulación, la cual va de un estado hiperfibrinolítico a un estado protrombótico. La activación endotelial y leucocitaria inducida por el paro cardiaco es un paso en el proceso de la lesión endotelial y del daño multiorgánico, a esto se le atribuye la presencia de la oclusión trombótica de la microvasculatura con activación concomitante de la coagulación y disfunción de la fibrinólisis. Estos cambios llevan a desarrollar la coagulación intravascular diseminada (CID).⁵

La CID se caracteriza por la activación de la coagulación debido al factor tisular y al deficiente control de la coagulación por las vías de anticoagulación y atenuación de la fibrinólisis por el activador del inhibidor del plasminógeno tipo 1 (PAI1), que lleva a la formación de la fibrina a nivel intravascular y, por último, a la oclusión de los capilares, seguido de una disminución al aporte y consumo de oxígeno que puede llevar a la falla multiorgánica.⁶

Las características morfológicas de la TEG en los pacientes con CID recuerdan a una copa de champagne. El champagne es un vino espumoso originario de la región de Champagne, Francia. El champagne, denominación de origen de un vino espumoso, data su origen en 1638. Se atribuye el descubrimiento del proceso al fraile benedictino Pierre Pérignon –que le dio origen–, administrador de la abadía de Hautvillers, quien disponía de grandes viñedos. Pérignon observó que el vino, tras el invierno, tendía a soltar burbujas y quiso embotellarlo con ellas, por lo que pensó que la segunda fermentación debía llevarse a cabo dentro de la botella. Pero el problema radicaba en cómo cerrar la botella, hasta que un día encontró a unos peregrinos españoles que cerraban sus cantimploras con corcho y decidió hacer lo mismo con sus vinos, asegurándolos además con una cuerda para que así la segunda fermentación fuera posible dentro de la botella. Enseguida el champagne se puso de moda en la corte francesa y era un gran signo de elegancia y refinamiento; la copa para servir el champagne debe ser alta y del tipo aflautado, de modo de conservar al máximo las burbujas contenidas que distinguen al champagne. Al respecto, hay una pequeña historia que se remonta a la mitología griega, la cual explica las razones de la forma del cáliz de las antiguas copas que se utilizaban para el champagne. La historia cuenta que la primera copa fue moldeada sobre los senos de Helena de Troya. Los griegos consideraban que beber vino era una

experiencia sensual, entonces atribuían a la más bella dama el hecho de determinar la forma del cáliz. Algunos siglos después, María Antonieta, Reina de Francia, consideró que ya era hora de crear una nueva copa de champagne. Obtuvo así sus copas, moldeadas sobre sus propios senos, que cambiaban la forma de las mismas totalmente, ya que María Antonieta era, digamos, bastante mejor dotada que Helena de Troya.^{7,8}

Por su lado, la activación de la coagulación posterior al paro cardiaco, como es el caso del segundo paciente, se caracteriza por no tener un balance adecuado de la activación de la fibrinólisis endógena. La presencia de desequilibrio entre la coagulación y la inhibición de la fibrinólisis condiciona un estado protrombótico inducido por la fibrina con la resultante trombosis microvascular y disminución en el aporte de oxígeno a las células y tejidos y al estado de no reflujo, presentándose de una forma muy similar a la disfunción de coagulación que se presenta en la sepsis y en la disfunción orgánica múltiple.⁹ Por lo anterior, se ha postulado el empleo de la trombólisis durante las maniobras de reanimación y en el síndrome postparocardíaco, como el desarrollado en modelos animales por Fischer⁹ que demostró disminución significativa del fenómeno de no reflujo.

Existe semejanza en el contorno morfológico de la curva TEG que se presenta en la fibrinólisis como un pez globo. Los biólogos postulan que el pez globo desarrolló su famosa habilidad para inflarse debido a que su estilo para nadar es lento y torpe, eso los hace vulnerables frente a los depredadores. En lugar de escapar, el pez globo utiliza su estómago que es muy elástico y su capacidad de ingerir rápidamente grandes cantidades de agua (incluso de aire si es necesario) que incrementa varias veces su tamaño, tomando la forma de un globo, lo que engaña y asusta a sus depredadores. Algunas especies también tienen espinas en la piel para evitar ser comidas. Casi todos los peces globo contienen tetrodotoxina, una sustancia que hace que el pez globo tenga un sabor muy desagradable que, a menudo, es letal para los peces. Para los humanos, la tetrodotoxina es mortal y 1,200 veces más venenosa que el cianuro. En un pez globo existe suficiente tetrodotoxina para matar a 30 seres humanos adultos y no hay antídoto conocido. Sorprendentemente, la carne de algunos peces globo es considerada un manjar, llamado *fugu* en Japón, es extremadamente caro y sólo se prepara por chefs especialmente entrenados y con licencia, que saben que

un mal corte significa una muerte casi segura para un cliente. Un error que causa la muerte a varias personas cada año.^{10,11}

CONCLUSIÓN

La TEG se ha posicionado como una excelente herramienta para el diagnóstico de las diferentes alteraciones de la coagulación que presenta el enfermo grave. Es una herramienta de fácil acceso con una curva de aprendizaje corta y elevada relación costo-beneficio. Su implementación en el manejo de los pacientes con problemas de coagulación no sólo ayuda a puntualizar el diagnóstico, sino también a planificar el tratamiento y darle seguimiento. Como ayuda nemotécnica recomendamos que tengan en mente que la morfología y contorno de la curva tromboelastográfica en la fibrinólisis semeja al pez globo y en la coagulación intravascular diseminada a una copa de champagne.

BIBLIOGRAFÍA

1. Luddington RJ. Thrombelastography/thromboelastometry. *Clin Lab Haematol.* 2005;27:81-90.
2. Jackson GN, Ashpole KJ, Yentis SM. The TEG versus the ROTEM thromboelastography/thromboelastometry systems. *Anaesthesia.* 2009;64:212-215.
3. Böttiger BW, Martin E. Thrombolytic therapy during cardiopulmonary resuscitation and the role of coagulation activation after cardiac arrest. *Curr Opin Crit Care.* 2001;7:176-183.
4. Gando S. Microvascular thrombosis and multiple organ dysfunction syndrome. *Crit Care Med.* 2010;38:S35-S42.
5. Rugeri L, Levrat A, David JS, Delecroix E, Floccard B, Gros A, et al. Diagnosis of early coagulation abnormalities in trauma patients by rotation thrombelastography. *J Thromb Haemost.* 2007;5:289-295.
6. Lang T, Bauters A, Braun SL, Potzsch B, von Pape KW, Kolde HJ, et al. Multi-centre investigation on reference ranges for ROTEM thromboelastometry. *Blood Coagul Fibrinolysis.* 2005;16:301-310.
7. Pretorius IS, Curtin CD, Chambers PJ. The winemaker's bug: from ancient wisdom to opening new vistas with frontier yeast science. *Bioeng Bugs.* 2012;3(3):147-156.
8. Vignes-Adler M. The fizzling foam of champagne. *Angew Chem Int Ed Engl.* 2013;52:187-190.
9. Fischer M, Hossmann KA. No-reflow after cardiac arrest. *Intensive Care Med.* 1995;21:132-141.
10. Loh YH, Christoffels A, Brenner S, Hunziker W, Venkatesh B. Extensive expansion of the claudin gene family in the teleost fish, *Fugu rubripes*. *Genome Res.* 2004;14:1248-1257.
11. Venkatesh B, Yap WH. Comparative genomics using fugu: a tool for the identification of conserved vertebrate cis-regulatory elements. *Bioessays.* 2005;2:100-107.

Correspondencia:

Acad. Dr. Raúl Carrillo Esper.
Unidad de Terapia Intensiva.
Fundación Clínica Médica Sur.
Dirección Puente de Piedra No. 150
Col. Toriello Guerra, 14050, Deleg. Tlalpan, México D.F
Tel. 54247200 ext. (4139)
E-mail: revistacma95@yahoo.com.mx