

UNIVERSIDAD INTERNACIONAL DE LAS AMÉRICAS

FACULTAD DE MEDICINA Y CIRUGÍA

**BENEFICIOS DE LAS PRUEBAS VISCOELÁSTICAS PARA EL
MANEJO DEL SANGRADO MASIVO EN EL SERVICIO DE
EMERGENCIAS EN LOS PERIODOS 2015-2020**

**TESIS PARA OPTAR POR EL GRADO DE LICENCIATURA EN
MEDICINA Y CIRUGÍA**

INTEGRANTES:

**SAMANTHA ALBÁN ICAZA
SHAUDY MAYORGA ZAMORA**

TUTOR:

DR. ALEJANDRO MOYA ÁLVAREZ

SEDE ARANJUEZ, DICIEMBRE, 2021

CONTENIDO

| | |
|--|-----------|
| Abreviaturas | 4 |
| Agradecimientos | 8 |
| Dedicatorias | 10 |
| Resumen | 11 |
| CAPÍTULO I: INTRODUCCIÓN | 13 |
| Planteamiento del Problema | 14 |
| Pregunta de la Investigación | 15 |
| Objetivos | 15 |
| Objetivo General | 15 |
| Objetivos Específicos | 15 |
| Justificación | 15 |
| Proyecciones | 16 |
| CAPÍTULO II: MARCO TEÓRICO | 17 |
| Antecedentes Históricos | 17 |
| Antecedentes Internacionales | 22 |
| Antecedentes Nacionales | 30 |
| Incidencia de sangrado masivo en Europa y América | 37 |
| Componentes de la coagulación y la cascada de la coagulación | 38 |
| Fisiología de la hemostasia | 43 |
| Clasificación de la hemostasia | 46 |
| Hemostasia primaria | 46 |
| Hemostasia secundaria | 47 |
| Fibrinólisis | 48 |
| Hemorragia masiva | 48 |
| Protocolos y pruebas de laboratorio convencionales en el manejo del sangrado masivo | 51 |
| Protocolo de transfusión masiva ratio 1:1:1 | 52 |
| Escalas predictivas de hemorragia masiva | 54 |
| Definición y tipos de pruebas viscoelásticas | 56 |
| Diferencias entre TEG y ROTEM según técnicas y parámetros | 57 |
| Parámetros y anomalías detectada de la prueba TEG y ROTEM | 61 |
| Usos de las pruebas viscoelásticas | 64 |
| Causas más frecuentes de sangrado masivo y el uso de TEG y ROTEM en estos escenarios | 64 |
| Trauma | 65 |
| Sangrado obstétrico | 70 |

| | |
|--|------------|
| Beneficios del uso de las pruebas viscoelásticas en el sangrado masivo, en comparación con las pruebas convencionales | 73 |
| Reacciones adversas postransfusionales agudas | 75 |
| Reacciones adversas agudas | 76 |
| CAPÍTULO III: MARCO METODOLÓGICO | 80 |
| Enfoque de la Investigación | 80 |
| Existen tres tipos de enfoques en los que se pueden basar las investigaciones, que son: cuantitativo, cualitativo y mixto (Hernández, Fernández y Baptista, 2014). | 80 |
| Objetivos con un enfoque cualitativo | 80 |
| Tipo de diseño de investigación | 81 |
| Tipo de Investigación | 81 |
| Elaboración de las fuentes de información | 81 |
| Fuentes de información | 83 |
| Referencias | 90 |
| Muestra..... | 91 |
| Criterios de inclusión y exclusión..... | 91 |
| CAPÍTULO IV: DISCUSIÓN | 98 |
| Pruebas viscoelásticas en sangrado masivo por trauma | 98 |
| Pruebas viscoelásticas en Hemorragia Masiva Obstétrica (HMO) | 101 |
| Manejo convencional en sangrados masivos y sus complicaciones agudas | 104 |
| Pruebas viscoelásticas y sus diferencias | 107 |
| Pruebas viscoelásticas versus pruebas convencionales de laboratorio en el sangrado masivo | 109 |
| Resultados | 111 |
| CAPÍTULO V: CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES..... | 117 |
| Conclusiones | 117 |
| Recomendaciones | 119 |
| Referencias Bibliográficas | 121 |

Abreviaturas

| | |
|--------------|----------------------------------|
| ATC | Coagulopatía aguda traumática |
| CT | Tiempo de coagulación |
| CTF | Tiempo de formación del coagulo |
| FT | Factor tisular |
| GR | Glóbulos rojos |
| GRE | Glóbulos rojos empaquetados |
| K | Tiempo de apertura |
| ML | Máxima lisis |
| MT | Transfusión máxima |
| PC | Pruebas convencionales |
| PFC | Plasma fresco congelado |
| PV | Pruebas viscoelásticas |
| ROTEM | Tromboelastografía rotacional |
| TEG | Tromboelastometría |
| TIC | Coagulopatía inducida traumática |
| TCE | Trauma craneoencefálico |
| TP | Tiempo de protombina |
| TTPA | Tromboplastina parcial activado |

| | |
|-----------|------------------|
| VS | Vasos sanguíneos |
| WB | Sangre entera |

Índice de tablas

| | |
|--|-----------|
| <i>Tabla 1. Antecedentes de marco teórico.....</i> | 32 |
| <i>Tabla 2. Clasificación de las tres fases de hemostasia.....</i> | 46 |
| <i>Tabla 3. Clasificación de la pérdida sanguínea y grado de hemorragia de American College of Surgeons.....</i> | 49 |
| <i>Tabla 4. Escala ABC (Assessment of Blood Consumptions).....</i> | 50 |
| <i>Tabla 5. Puntaje de TASH. Valoración de riesgo de transfusión masiva.....</i> | 54 |
| <i>Tabla 6. Comparación de los parámetros del TEG y ROTEM.....</i> | 63 |
| <i>Tabla 7. Parámetros de ROTEM.....</i> | 63 |
| <i>Tabla 8. Clasificación de las reacciones adversas agudas.....</i> | 76 |
| <i>Tabla 9. Fuentes de información.....</i> | 83 |
| <i>Tabla 10. Unidad de análisis.....</i> | 92 |

Índice de figuras

| | |
|---|-----------|
| <i>Figura 1. Representación de un dispositivo TEG</i> | 59 |
| <i>Figura 2. Representación de un dispositivo ROTEM</i> | 60 |

Resumen

El sangrado masivo es considerado una importante causa de mortalidad en el mundo; está asociado con coagulopatías, con una disminución en la perfusión tisular y consumo de factores de la coagulación y plaquetas. Se clasifica el abordaje en dos elementos, control temprano hemostático y el otro un control rápido de la coagulopatía. Como parte de la reposición sanguínea se utiliza frecuentemente el protocolo de transfusión masiva en una proporción 1:1:1, lo cual quiere decir que es una unidad de glóbulos rojos, una de plaquetas y otra de plasma fresco congelado, donde se hace una reposición de manera equilibrada. Estas alteraciones de la coagulación se miden y se abordarán por medio de los resultados de laboratorios convencionales; sin embargo, estas pruebas tardan mucho en generar el resultado, en el cual no se dará el manejo adecuado del paciente, ya que estas alteraciones y requerimientos cambian de un momento a otro. Las técnicas viscoelásticas, como la tromboelastografía (TEG) y la tromboelastometría (ROTEM), muestran el proceso de coagulación completo, y están siendo evaluadas como exámenes de la coagulación global. Estas pruebas se realizan en la cabecera del paciente e informan acerca de datos por medio del tromboelastograma en todo momento; quiere decir que el mejor abordaje y seguimiento de pacientes con sangrados masivos se hace por medio de las pruebas viscoelásticas como TEG y ROTEM.

Abstract

Massive bleeding is considered an important cause of mortality in the world; it is associated with coagulopathies, with a decrease in tissue perfusion and consumption of coagulation factors and platelets. The approach is classified into two elements, early hemostatic control and the other, rapid control of coagulopathy. As part of blood replacement, the massive transfusion protocol is frequently used in a 1: 1: 1 ratio, which means that it is a unit of red blood cells, one of platelets and another of fresh frozen plasma, where a replacement is made. in a balanced way. These coagulation disturbances are measured and will be addressed using conventional laboratory results; However, these tests take a long time to generate the result, in which the adequate management of the patient will not be given, since these alterations and requirements change from one moment to another. Viscoelastic techniques, such as thromboelastography (TEG) and thromboelastometry

(ROTEM), show the complete coagulation process, and are being evaluated as examinations of global coagulation. These tests are always performed at the bedside and report data via thromboelastogram; This means that the best approach and follow-up of patients with massive bleeding is done through viscoelastic tests such as TEG and ROTEM.

CAPÍTULO I: INTRODUCCIÓN

A lo largo de la revisión bibliográfica se encontraron múltiples definiciones para una hemorragia masiva; sin embargo, todas tienen algo en común, y es que un sangrado masivo es una emergencia que pone en peligro la vida del paciente, requiriendo así una transfusión urgente y masiva de hemoderivados.

Estos sangrados se producen por una alteración en el fenómeno fisiológico de la hemostasia, que es el encargado de detener el sangrado por medio de la reparación del sistema vascular posterior a la lesión tisular que se produce. Este mecanismo involucra múltiples elementos, incluyendo los de la cascada de la coagulación y las fases hemostáticas como lo son la primaria, secundaria y fibrinolítica, que son indispensables para que se logre con éxito el equilibrio perfecto. Todos los elementos deben trabajar en armonía y en el momento exacto para evitar hemorragias masivas, o por el lado contrario, llegar a producir una trombosis.

Este es un escenario frecuente tanto en los servicios de emergencias, postquirúrgicos, ginecológicos como intrahospitalarios; por tal motivo, es importante saber que existen distintos métodos para corregirlas, como es el manejo convencional que se ha utilizado por muchos años en varias instituciones, tanto en Costa Rica como internacionalmente. Este sistema se compone de transfundir al paciente una cantidad de 1:1:1, es decir, las proporciones que se colocan corresponden a una unidad de glóbulos rojos, una de plasma y una de plaquetas. Este ha sido el más utilizado hasta la actualidad; no obstante, tiene ciertas complicaciones a corto y largo plazo.

El otro método que se utiliza es el uso de las pruebas viscoelásticas, como la tromboelastometría y la tromboelastografía. Se llaman así porque miden todas las propiedades viscoelásticas de la sangre de una forma dinámica y global. Estos elementos son recursos de gran utilidad para corregir un sangrado masivo, ya que es posible transfundir los hemoderivados específicos que el paciente necesita, y así disminuir los efectos secundarios posteriores que se producen con el método convencional. A pesar de ser una gran herramienta, estas pruebas no se encuentran en todos los servicios hospitalarios.

Planteamiento del Problema

En la actualidad, al momento de transfundir un paciente crítico con sangrado masivo se utilizan protocolos de transfusión masiva; sin embargo, estos protocolos pueden generar un gasto innecesario de hemoderivados y exponer al paciente a reacciones adversas. Al momento de transfundir lo realizan utilizando productos hemáticos en relación 1:1:1; esto quiere decir que al paciente se le pone una unidad de glóbulos rojos, una de plasma y una de plaquetas; por diversas complicaciones post transfusionales, urge la necesidad de minimizar el uso de hemoderivados y solo utilizar los que el paciente verdaderamente necesita; por eso se crean las pruebas viscoelásticas, que son estudios que permiten ver en tiempo real la coagulación de la sangre del paciente y los requerimientos de una forma más específica.

Estas pruebas proporcionan información en un periodo corto de tiempo; por ende, permiten tener un mayor control inmediato del monitoreo del paciente y, a la vez, sirven como diagnóstico. Estas pruebas viscoelásticas están siendo implementadas por equipo médico, capacitado para el uso de ellas en los servicios de emergencias, en servicios de anestesia, en salas de cirugía que son predisponentes a altos sangrados como un reemplazo articular, y también se utilizan en unidad de cuidados intensivos, donde se hace necesario aumentar la efectividad clínica en el manejo y monitoreo del paciente, con elementos que ofrezcan seguridad y mayores resultados. Empero, estas pruebas no se están utilizando en muchos centros hospitalarios, primeramente, por los costos del aparato; segundo, por falta de información, y también en avances, y tercero, por falta de capacitación al equipo médico.

Pregunta de la Investigación

¿Cuáles son los beneficios de las pruebas viscoelásticas en el manejo de sangrados masivos en los servicios de emergencias, cuál es el método más utilizado, son las pruebas convencionales o las pruebas viscoelásticas?

Objetivos

Objetivo General

Investigar los beneficios de las técnicas de tromboelastometría y tromboelastografía en el manejo del sangrado masivo en los servicios de emergencias.

Objetivos Específicos

1. Conocer cuáles son las dos causas más frecuentes de sangrado masivo y cómo se relacionan con las pruebas viscoelásticas.
2. Estudiar cuál es el manejo convencional más utilizado para el sangrado masivo y cuáles son sus complicaciones agudas.
3. Explicar qué son las pruebas viscoelásticas y sus diferencias.
4. Describir cuales son los beneficios de TEG y ROTEM en el sangrado masivo, en comparación con las pruebas convencionales.

Justificación

En el presente trabajo de investigación se pretende realizar una revisión bibliográfica sobre los beneficios de las pruebas viscoelásticas en el uso de pacientes con sangrados masivos en los servicios de emergencias. En la actualidad, la gran mayoría de los centros médicos transfunden al paciente en relación 1:1:1; quiere decir que se transfunde una unidad de glóbulos rojos, una de plasma y otra de plaquetas. Sin embargo, el uso inadecuado de estos protocolos de transfusión masiva genera un gasto innecesario de hemocomponentes y expone al paciente a reacciones adversas, como un síndrome febril transfusional, reacciones alérgicas, lesión pulmonar aguda relacionada con la transfusión, entre otros.

Con el fin de transfundir adecuadamente y reducir las complicaciones del paciente, se crean las pruebas viscoelásticas, con el objetivo de maximizar y limitar el uso de hemoderivados y, a su vez, monitorean y evalúan en tiempo real las características del coágulo. La tromboelastografía y la tromboelastometría se dejaron de utilizar por más de 30 años a nivel mundial, a pesar de que sus estudios demostraron su utilidad al momento de transfundir al paciente. Actualmente, en Costa Rica, ciertos centros hospitalarios, como el Hospital Rafael Ángel Calderón Guardia y el Hospital San Juan de Dios, están implementando el uso de estas pruebas viscoelásticas en los servicios de emergencias, salas quirúrgicas y en unidades de cuidados intensivos.

Proyecciones

- Evidenciar la importancia de las pruebas viscoelásticas en el sangrado masivo en los servicios de emergencias.
- Al ser tan frecuentes el sangrado y la alta tasa de mortalidad, ha surgido la necesidad de buscar y realizar nuevos métodos para disminuir estas tasas y llevar a cabo un tratamiento más eficaz; aquí radica la relevancia de conocer y comparar los métodos convencionales con respecto a la innovación tecnológica del uso de las pruebas viscoelásticas, como lo son la TEG Y ROTEM.
- Se efectuará un aporte médico científico a la rama de emergencias, sobre los beneficios de las pruebas viscoelásticas y su impacto en el manejo del sangrado masivo.
- Generar un trabajo de investigación para que el personal de salud se informe más sobre estas técnicas, que, aunque no están presentes en todos los hospitales de Costa Rica, en un futuro podrían llegar a tenerlas.

CAPÍTULO II: MARCO TEÓRICO

En este capítulo se realizará una revisión bibliográfica basada en los antecedentes históricos, internacionales y nacionales, de los beneficios de las pruebas viscoelásticas en los servicios de emergencia, en comparación, a su vez, con las pruebas de laboratorio convencionales, además de las dos causas más frecuentes de sangrado masivo, manejo convencional más utilizado en el sangrado masivo y sus reacciones adversas agudas.

De la misma manera, se explicará qué es la cascada de la coagulación y la hemostasia, el protocolo de transfusión masiva con sus escalas predictivas y test de laboratorios, y reconocer las diferencias entre TEG y ROTEM, sus diferentes mecanismos, parámetros e interpretación.

Antecedentes Históricos.

El primero que logró transfundir sangre con buen éxito de un ser vivo a otro, fue el cirujano inglés Richard Lower, que cumplió la experiencia en 1665 utilizando perros, a quienes canalizaba arteria carótida y vena yugular hasta casi la muerte del donador, recuperándole con exanguinotransfusión; estas experiencias se transpolaron a los humanos, y el 23 de noviembre de 1667, en Inglaterra, Lower y Edmund King transfundieron sangre de cordero a Arthur Coga. Después de Lower, el francés Jean-Baptiste Denys logró la primera transfusión documentada, transfundiendo sangre a un hombre enfermo de sífilis que murió luego de haber recibido sangre de un perro; aunque parecía que el proceso iba a «ser exitoso, el paciente empezó a sentir fuertes dolores de los órganos y a orinar negro». Este resultado fatal hizo que se prohibieran dichas prácticas.

Denys, en 1667, registró sus experimentos, y es el primero en relatar el primer caso de reacción hemolítica transfusional, y también fue acusado de provocar la muerte de Perine Mauroy, de la que la corte lo exoneró, para luego prohibir las transfusiones en 1675. Más de 100 años pasaron, y es hasta el inicio de los años de 1800 que se desarrolló la transfusión humana a humano, pero los decesos seguían ocurriendo. En 1818, en Londres, James Blundell como médico gineco-obstetra estaba muy preocupado, debido a la gran mortalidad materna por hemorragia postparto, por lo que pensó en restituir la sangre perdida, primero solo con sangre humana y segundo con el único objetivo de reemplazar la sangre perdida y no para curar la locura, la epilepsia u otras afecciones,

como era la creencia del momento; hizo un total de diez transfusiones, y de ellas cinco fueron exitosas; las otras cinco personas fallecieron porque eran pacientes moribundas debido a cáncer o a sepsis (Castellón 2020, p. 6).

Acerca de las transfusiones sanguíneas, el primero en realizarlo fue por el Dr. Richard Lower, quien primeramente empezó con animales y dos años después lo realizó a una persona. Posteriormente, varios doctores empezaron a realizarlo, y el doctor Baptiste es el primero que documentó una transfusión, transfundió a un paciente con sífilis con sangre de perro, pero no resultó con éxito, ya que el paciente muere por falla multiorgánica, Baptiste fue acusado, mas se le exoneró, pero desde ahí se suspendieron las transfusiones sanguíneas.

De acuerdo con Brody *et al.* (2018): "Históricamente, ha sido una práctica común infundir grandes cantidades de cristaloides para el manejo y la reanimación del paciente con traumatismo inestable hemodinámico" (p. 254).

Se ha descrito que el uso de cristaloides ha sido utilizado por muchos años como primera opción para el manejo de pacientes hemodinámicamente críticos, ya que estos son muy similares a los fluidos extracelulares producidos por el cuerpo humano, y también por costo y efectividad de las pruebas.

Antes de que el uso de productos sanguíneos se convirtiera en el pilar principal de los recursos humanos, los militares usaban sangre entera (WB) para la reanimación en tiempos de guerra. Fue fácil obtener WB de los soldados, ya sea para uso inmediato o para empaquetar y enviar a las líneas de batalla" (Eick y Denke, 2018, p. 257).

Por muchos años se descubrió que es eficiente para reemplazar la sangre perdida mientras se mantiene la FC, hasta que se obtuvo el control quirúrgico del sangrado. A medida que pasaba el tiempo, WB se eliminó lentamente y se reemplazó por el uso de los productos individuales que se ven utilizados hoy.

Zink y cols. (2009) revisaron retrospectivamente los registros médicos de 466 pacientes de 16 centros de trauma de nivel 1 diferentes, para evaluar la eficacia de la transfusión de sangre a relaciones PRBC: FFP más altas que la proporción típica 1:1 utilizada en los estudios discutidos anteriormente. Estos investigadores encontraron una tasa de supervivencia del 80% a 30 días en aquellos pacientes que recibieron transfusiones de sangre a razón de 1:1 de PRBC: FFP, mientras

que solo el 50% había sobrevivido después de recibir la relación 4:1 de PRBC: FFP. Además, la tasa de mortalidad a las seis horas fue significativamente menor en pacientes con trauma que recibieron más de una unidad de FFP por cada unidad de PRBC (2% y 37%, respectivamente, $p < .001$), así como más de una unidad de plaquetas para cada unidad de PRBC (3% y 23%, respectivamente: $p < .002$). Estos resultados enfatizan la importancia de documentar la cantidad de productos sanguíneos administrados durante una transfusión masiva, así como rastrear el tipo de producto sanguíneo administrado al paciente. (Broxton, Medeiros y Schumacher, 2017, p. 166).

De acuerdo con el estudio anterior, los autores enfatizan lo importante que es manejar y documentar la cantidad que el médico debe utilizar de hemoderivados en una transfusión masiva. Se demuestra en este estudio, realizado a 466 pacientes, en un periodo de 30 días, en un hospital de primer nivel de atención, que el uso adecuado de estos componentes aumenta e impacta la supervivencia hasta el 80% de los pacientes hemodinámicamente inestables.

Molina *et al.* (2015) manifiestan: "En 2006, la TEG fue incluida por la Sociedad Americana de Anestesiología como parte de los laboratorios para monitorizar la coagulación durante el transoperatorio" (p. 101).

La Sociedad Americana de Anestesiología incluye las pruebas viscoelásticas como parte de laboratorios y monitoreo del paciente cuando transcurre el acto quirúrgico.

Según Carolina Ruiz y Max Andresen (2014), hasta hace algunos años los pacientes con trauma grave eran reanimados con gran cantidad de cristaloides isotónicos y transfusión de glóbulos rojos (GR), con escaso aporte de plasma, lo que generaba hemodilución y mayor coagulopatía, pudiendo presentarse posteriormente hipertensión intraabdominal, síndrome compartimental abdominal y deterioro respiratorio (p. 758).

Uno de los factores negativos del mal manejo de la reanimación del paciente crítico es el de sus complicaciones, como empeoramiento a una coagulopatía que podría generar una hipertensión intraabdominal, síndrome compartimental y deterioro respiratorio; por eso en los estudios recalcan transfundir adecuadamente al paciente inestable.

"Recientemente, se ha sugerido que los ensayos de hemostasia en el punto de atención, como la tromboelastografía (TEG) y la tromboelastometría rotacional (ROTEM), podrían ser mejores para evaluar la coagulopatía en pacientes que requieren MT" (Pham y Shaz, 2013, p. i77).

Estos ensayos les ofrecen, a los médicos, una representación gráfica del proceso de coagulación, y pueden proporcionar información para guiar las terapias de componentes sanguíneos de manera más oportuna.

De acuerdo con Pham y Shaz (2013), la administración de glóbulos rojos: plasma: plaquetas en proporción 1:1:1 fue propuesta por primera vez por el ejército de los EE. UU., y posteriormente con el apoyo de estudios militares y luego civiles. La justificación de la relación 1:1:1 es que se parece más a la sangre total, lo que ayudaría a tratar y prevenir la ETIC. Una revisión retrospectiva de pacientes, quienes recibieron MT en un hospital de combate de EE. UU., demostró una reducción de la mortalidad del 66% al 19%, cuando la proporción de glóbulos rojos: plasma disminuyó de 8:1 a 2:1 (p. 173).

Las transfusiones convencionales fueron utilizadas por primera vez por los Estados Unidos de América en el ejército, donde se demostró, por estudios hechos en un hospital de combate, que la transfusión 1:1:1 disminuyó la mortalidad un 66% en los pacientes críticos.

Según Mata Chacón (2013), la transfusión masiva consiste en administrar de forma temprana cristaloides y coloides en conjunto con hemoderivados como Glóbulos Rojos Empacados (GRE), Plasma Fresco Congelado (PFC) y concentrados de plaquetas. Los GRE deben ser los primeros componentes sanguíneos transfundidos en pacientes con sangrado masivo; mientras que el PFC y las plaquetas se reponen cuando es necesario restituir el volumen sanguíneo en sangrados importantes, y se realiza acorde con los análisis de coagulación (p. 610).

La administración de GRE, PFC y plaquetas varía según el protocolo utilizado. Algunas guías indican que se debe administrar una relación de 1:1:1 unidades de GRE: PFC: Plaquetas. Otros autores se inclinan a utilizar otros ratios de GRE: PFC, como por ejemplo 1:1, 2:1 o 3:1; sin embargo, se ha demostrado que los resultados a corto plazo son similares (p. 610).

El manejo convencional de los sangrados masivos es transfundir al paciente con un orden; primeramente, son los glóbulos rojos, y posteriormente se transfunde con plasma y plaquetas al momento de restituir el volumen. Conforme a lo investigado, la transfusión más utilizada es 1:1:1 (GRE, PFC y plaquetas), pero también se han utilizado otras maneras de transfundir los hemoderivados, e igualmente los resultados a corto plazo son similares.

La administración del PFC está indicada cuando los pacientes hayan requerido >10 U de GRE y aún continúan requiriendo reanimación con control hemostático. La relación 1:1 de GRE: PFC está asociado con un aumento en la sobrevida y una disminución de muertes tempranas por sangrado. (Mata, 2013, p. 611)

Es importante saber el manejo de transfusión de los hemoderivados y sus componentes, ya que no necesariamente se tiene que hacer una transfusión 1:1:1, pues se ha demostrado que la relación 1:1 de GRE: PFC ha dado un aumento de sobrevida y una disminución de muertes por sangrados.

Fernández, Murillo, Puppo y Leal *et al.* (2012) opinan que todos los años más de cien millones de personas sufren algún tipo de traumatismo, y más de cinco millones, sobre todo individuos jóvenes, mueren debido a actos de violencia o accidentes. La hemorragia masiva y las lesiones cerebrales consecutivas al Traumatismo Cráneo Encefálico (TCE) son las principales causas de muerte en los traumatismos graves. La hemorragia masiva es, también, causa de importante morbimortalidad en la gran cirugía, incluyendo la cirugía oncológica, cardíaca y de trasplante de órganos sólidos. La mortalidad estimada asociada a esta hemorragia varía del 30 al 70% (p. 447).

Estudios e investigaciones realizados mencionan que la mayoría de los sangrados masivos son causados por traumatismo, accidentes de tránsito, cirugías mayores, como las cardíacas y los trasplantes. Estas causas tienen un alto porcentaje de mortalidad para el paciente.

"Los tres pilares del tratamiento de la hemorragia masiva son la reposición de la volemia con cristaloides y coloides, la optimización de la oxigenación tisular con la transfusión de hematíes y la corrección de la coagulopatía" (Fernández *et al.*, 2012, p. 497).

Los tres pilares para el manejo de la hemorragia masiva son de suma importancia para mejores resultados y menos complicaciones del paciente. Entre ellas están la reposición de líquidos con cristaloides y coloides, la optimización de la oxigenación tisular por transfusión de hematíes y la corrección de la coagulopatía.

Clásicamente, la hemorragia masiva se ha tratado con la cirugía de control de daños para detener la fuente de hemorragia, y la reposición de la volemia con fluidos y hemoderivados. A pesar de ello, la morbimortalidad de la hemorragia masiva sigue siendo inaceptablemente alta, por lo que nuevos esquemas terapéuticos han visto la luz en la última década, con el objetivo de aumentar la supervivencia. Estos incluyen la reposición precoz de factores de coagulación,

plaquetas y hematíes en relaciones equivalentes (la llamada reposición con ratio 1:1:1), el uso de fármacos prohemostáticos (complejo protrombínico, factor VII activado y ácido tranexámico) y la introducción de las pruebas a la cabecera del paciente, y el tromboelastograma para el manejo individualizado y eficaz de la hemorragia masiva (Fernández *et al.*, 2012, p. 447).

En los últimos años se han realizado nuevas estrategias para aumentar la supervivencia de los pacientes, entre ellas la introducción de nuevas pruebas, como el tromboelastograma, para un manejo más eficaz e individualizado en cada paciente, ya que, con cirugía de control de daños, como método para detener la hemorragia y la reposición de volemia, no fue tan efectivo y seguía teniendo una alta tasa de mortalidad.

El inicio de lo que hoy se conoce como pruebas viscoelásticas fue desarrollado en Alemania en 1948 por Hartert, y fue una herramienta poco utilizada por más de 30 años. En la década de los ochenta el doctor Kang y cols. lo utilizaron para el manejo de la coagulopatía, durante el trasplante hepático y la cirugía cardíaca con circulación extracorpórea.

La tromboelastografía:

Fue desarrollada en Alemania en 1948 por Hartert, pero durante muchos años permaneció como una herramienta poco utilizada, y solo a mediados de los años ochenta el doctor Kang y colaboradores la retoman para el manejo de la coagulopatía durante el trasplante hepático y la cirugía cardíaca con circulación extracorpórea. (Galvez y Cortes, 2012, p. 227)

Antecedentes Internacionales

Los sangrados masivos son causantes de alta mortalidad a nivel mundial; por lo tanto, se han establecido varios parámetros para saber en qué situaciones se encuentra el paciente en un sangrado masivo, según escalas internacionales establecidas, así como los escenarios más frecuentes.

De acuerdo con Dauer y Goldberg (2019):

Approximately one-third of patients presenting to the hospital with coagulopathy, it is essential to be able to have early monitoring of coagulation. On admission to a trauma center, TEG has been shown to be a more accurate predictor of need for blood product

transfusion than conventional coagulation assays, and if reduced clot strength is present, there is associated increased 30-day mortality. (p. 227)

Trad.: Aproximadamente en un tercio de los pacientes, que se ingresan en el hospital con coagulopatía, es esencial tener un monitoreo temprano de la coagulación. Al ingresar a un centro de traumatología, se ha demostrado que el TEG es el predictor más preciso para indicar la necesidad de transfusión de hemoderivados que los ensayos de coagulación convencionales, y si hay una reducción de la fuerza del coágulo, se asocia una mayor mortalidad a 30 días (p. 227).

"VHA has benefits in resuscitation of the severely injured patient, but it has several obstacles to widespread adaption. Performance of the VHA test requires trained personnel and readily available equipment" (Dauer y Goldberg, 2019, p. 227).

Trad.: "VHA tiene beneficios en la reanimación del paciente gravemente herido, pero tiene varios obstáculos para una adaptación generalizada. La realización de la prueba de VHA requiere personal capacitado y equipo disponible. " (Dauer y Goldberg, 2019, p. 227).

Es importante capacitar a los médicos sobre el manejo temprano de la coagulación del paciente ingresado en trauma; se ha demostrado que en un tercio de los pacientes que ingresan por una coagulopatía es esencial la utilidad del TEG. Los ensayos viscoelásticos hemostáticos son de utilidad para la reanimación del paciente herido, pero presentan deficiencia en una adaptación generalizada.

Según Fondevila (2019): "A nivel mundial, el trauma es la causa principal de muerte. Al menos un tercio y hasta 60% de los pacientes con trauma sangra: la mitad necesitará una transfusión" (p. 355).

El traumatismo es la causa principal de muerte a nivel mundial, y más del 50% va a necesitar transfusiones por sangrado masivo.

De acuerdo con Dalmau (2018):

En condiciones normales la sangre circula en fase líquida en todo el organismo. Después de una lesión vascular la sangre se coagula sólo [sic] en el sitio de la lesión para sellar únicamente el área lesionada. La transformación de sangre líquida en coágulo sólido está regulada por el sistema hemostático y depende de una interacción compleja entre la sangre (que contiene las células y los factores que intervienen en la coagulación) y pared vascular (el endotelio vascular tiene un papel fundamental dentro de la coagulación y la fibrinólisis, y en condiciones fisiológicas tiene propiedades anticoagulantes, pero puede presentar propiedades procoagulantes cuando se rompe el equilibrio). (párr. 2)

Tanto la sangre como todos los componentes, junto con la pared vascular y sus funciones, forman parte indispensable en el proceso fisiológico de la hemostasia. Participan las células sanguíneas como las plaquetas, toda la cascada de la coagulación y sus elementos, así como también la fibrinólisis. Y si se alteran las propiedades se rompe el equilibrio, desencadenando distintas manifestaciones.

La prueba de coagulación perfecta debe ser sensible y específica. Debe apuntar a muchos aspectos diferentes de la hemostasia secundaria, incluidos los brazos procoagulantes y anticoagulantes. Debería ayudar a individualizar la terapia para un paciente determinado y controlar la respuesta al tratamiento. También debe ser rápido, ampliamente interpretable y económico. Esa prueba de laboratorio perfecta no existe, pero VEM puede ofrecer pasos en esa dirección (Blaine y Steurer, 2019, p. 44).

Las pruebas viscoelásticas, a pesar de que no son unas pruebas perfectas, sí ofrecen múltiples beneficios, como monitoreo en tiempo real, resultados a corto plazo, en comparación con las pruebas convencionales, que no se interpretan en tiempo real y no son rápidas.

Según Grimaldo (2017), en Fisiología de la hemostasia:

La hemostasia es un sistema que mediante un proceso complejo cumple dos funciones principales: 1) mantener la sangre en un estado líquido, fluido que permita la circulación en los vasos sanguíneos; 2) suprimir la salida de sangre desde el espacio intravascular a través de un vaso lesionado (con pérdida de la continuidad); esta última función es mediante la formación de una red de fibrina que además proporcionará los elementos para reparar la pared del vaso y cuando la red de fibrina ya no es necesaria este mismo sistema la eliminará

mediante la fibrinólisis. Por lo tanto, este proceso debe ser rápido, localizado y cuidadosamente regulado. Las consecuencias de una ‘falla’ en este sistema son evidentes trombosis o hemorragias. Para su estudio la dividimos en hemostasia primaria, hemostasia secundaria o fase plasmática de la coagulación y fibrinólisis. (Grimaldo, p. 398)

La hemostasia tiene dos funciones principales: una es actuar formando un coágulo para que la sangre no se salga del vaso lesionado, y la otra es no producir un exceso de coagulabilidad, manteniendo la sangre líquida para no producir una trombosis.

El coágulo se formará por fibrina, y este después va a ser eliminado por fibrinólisis. Este primer proceso tiene que ser muy rápido y eficaz.

De acuerdo con Román, Trujillo y Ortega (2017), sobre la coagulopatía aguda traumática y hemorragia masiva: es una relación que se debe conocer:

Los traumatismos y accidentes ocupan una proporción relevante de las causas de muerte para el grupo de edad que abarca desde la primera infancia hasta la cuarta década de la vida. Ya sean en el contexto civil, bajo condiciones de guerra o de desastres naturales, una buena parte de esas muertes se relaciona directamente con pérdidas masivas de sangre. (párr. 1)

Los accidentes de tránsito y los traumatismos corresponden a un alto porcentaje de las causas de sangrados masivos y, por ende, de alta mortalidad, sin importar el escenario en que se produzcan.

Thromboelastography is a laboratory method that demonstrates the interactions among the blood cells and their biochemical characteristics by means of a graphic representation. Thromboelastography (TEG®; Haemoscope Corporation, IL, USA) or thromboelastometry (ROTEM®, TEM International GmbH, Munich, Germany) allow a rapid and robust assessment of the clot, using a minute amount of whole blood. (Crochemore *et al.*, 2016, p. 381).

Trad.: La tromboelastografía es un método de laboratorio, que demuestra las interacciones entre las células sanguíneas y sus características bioquímicas, mediante una representación gráfica. La tromboelastografía (TEG ®; Haemoscope Corporation, IL, EE. UU.) o tromboelastometría (ROTEM ®, TEM International GmbH, Munich, Alemania) permiten una evaluación rápida y robusta del coágulo, utilizando una pequeña cantidad de sangre completa. (Crochemore *et al.*, 2016, p. 381)

Las funciones de la tromboelastometría y la tromboelastografía son distintas; la TEG se enfoca en las interacciones de sangre y se observa por gráficos, y la tromboelastometría (ROTEM) evalúa el coágulo de una forma rápida.

De acuerdo con Ceresetto (2017): la hemostasia es, en definitiva, un sistema de defensa del organismo que ha requerido 450 millones de años de evolución filogénica. Este sistema, fundamental para la vida, se ha transformado desde las primeras etapas del desarrollo de las especies. En los invertebrados, el trombocito es el único protagonista del sistema y libera una sustancia denominada “coagulina”, capaz de controlar una amenaza externa. En los vertebrados el sistema es mucho más complejo, e involucra una primera fase de hemostasia primaria celular, una segunda etapa de refuerzo plasmático iniciada por el factor tisular, con una amplificación de la vía intrínseca que culmina con la formación de fibrina, y una tercera etapa de remodelación fibrinolítica. En estas etapas de la evolución más desarrolladas, la hemostasia no solo involucra al sistema de la coagulación de la sangre que impide la pérdida de esta al cerrar un vaso dañado, sino que también interviene en la defensa del organismo, al detener el pasaje de bacterias mediante el tapón de fibrina y plaquetas, y participa en la remodelación del tejido dañado y en su revascularización. (pp. 4-5)

La hemostasia no solo se encarga de la reparación del daño tisular, sino también forma parte de un sistema de defensa para el cuerpo, evitando que ingresen bacterias al torrente sanguíneo por medio del tapón de fibrina inducido por el factor tisular que se forma en la fase secundaria. Y participa en la remodelación en la fase de fibrinólisis.

Según Fondevila y Marun (2016), en Sangrado crítico:

Los escenarios más frecuentes donde se puede producir un sangrado crítico son el trauma y la cirugía del trauma, la cirugía cardiovascular (rotura de aneurisma de aorta abdominal y de los grandes vasos, trasplante cardíaco), el trasplante hepático y la obstetricia. (p. 213).

Existen múltiples causas de sangrado, pero en el servicio de emergencias, entre las más frecuentes son el trauma, la ruptura de aneurisma, la obstetricia. Y el trasplante hepático es una causa de sangrado quirúrgico.

De acuerdo con Fondevila y Marun (2016) sobre las pruebas viscoelásticas:

Los diferentes equipos (TEG o ROTEM) usan principios de medición similares, pero no son equivalentes entre sí debido a diferencias en el equipamiento, reactivos utilizados, parámetros a medir y algoritmos de interpretación. Estos algoritmos, al facilitar la identificación rápida de la falla hemostática, permiten una reposición dirigida, utilizando hemocomponentes y hemoderivados específicos. (p. 217)

Estos equipos, a pesar de que tienen principios de medición parecidos, son diferentes entre sí, pues poseen características diferentes en equipamiento, reactivos utilizados, parámetros a medir y algoritmos de interpretación. Son de alta utilidad, ya que permiten una reposición dirigida.

Las pruebas viscoelásticas, a pesar de que no son unas pruebas perfectas, sí ofrecen múltiples beneficios como monitoreo en tiempo real, resultados a corto plazo, en comparación con las pruebas convencionales, que no se interpretan en tiempo real, y no son rápidas.

A lo largo de los últimos años, la utilización de la tromboelastografía se ha extendido a situaciones clínicas, donde la evaluación de la coagulación se ha convertido en otro pilar del cuidado del paciente, como en cirugías de alto sangrado, entre las cuales se encuentran los reemplazos articulares, la instrumentación de columna y los traumas, entre otras, así como la evaluación y el seguimiento de terapias anticoagulantes (warfarina, heparinas fraccionadas y no fraccionadas) antes de llevar a los pacientes a procedimientos; también, para evaluar la reversión de la heparina con protamina, así como para el manejo y el seguimiento de pacientes en unidades de urgencia especialmente, en trauma y en las unidades de cuidados intensivos (Franceschi, 2015, p. 31).

De acuerdo con Carrillo y Meza (2015): “Estas pruebas miden las propiedades viscoelásticas de la sangre de una forma dinámica y global, ya que integran las diferentes fases de la coagulación y la fibrinólisis, proporcionando una información dirigida a la detección de las deficiencias del sistema hemostático” (p. 407).

Se destacan las fases más importantes que se involucran en la tromboelastometría (TEG) y en la tromboelastometría rotacional (ROTEM), para poder diagnosticar los problemas hemostáticos.

La tromboelastografía se ha utilizado tanto para el monitoreo del paciente como para el cuidado de este; a su vez, esta prueba se ha utilizado en cirugías que están predispuesta al alto

sangrado, y también se implementa para la evaluación y seguimiento de terapias anticoagulantes antes de llevarlas a procedimientos.

Benes, Zatloukal y Kletecka (2015) mencionan:

Additionally, the utility of viscoelastic monitoring devices has been proved even outside this setting in cardiosurgical patients or those undergoing liver transplantation. Many other situations were described in literature showing the potential use of bedside analysis of coagulation for the management of bleeding or critically ill patients. (p. 1)

Trad.: Además, la utilidad de los dispositivos de monitorización viscoelástica se ha demostrado, incluso fuera de este entorno, en pacientes cardioquirúrgicos o en aquellos que reciben un trasplante de hígado. Se describieron muchas otras situaciones en la literatura, que muestran el uso potencial del análisis de la coagulación, junto a la cama, para el tratamiento de hemorragias o pacientes críticos (p. 1).

La utilidad de estos dispositivos cada día queda más demostrada incluso no solo en pacientes que están en transoperatorio sino también como un analítico justo a la par de la cama del paciente crítico para el mejor manejo y diagnóstico.

Según la guía práctica para manejo de hemorragia masiva “Definición de hemorragia masiva”, se define como cualquier hemorragia que amenaza la vida y requiere transfusión urgente y masiva de hemoderivados. A. Atendiendo a parámetros clínicos: 1. Pérdidas de sangre evidentes niveles III y IV de la clasificación de American College of Surgeons: hipotensión (PAS < 85 mmHG), taquipnea (> 30 respiraciones/minuto) y alteraciones del sistema nervioso central (bajo nivel de conciencia, paciente confuso o letárgico). 2. Cualquier pérdida importante de sangre provoca shock hemorrágico. 3. Puntuación mayor de 2 en la escala ABC (Assessment of Blood Consumptions) (Fernández, Medina, Castellano y Muñoz, 2015, p. 2).

Es importante la definición de hemorragia masiva, y saber sobre qué parámetros basarse para llevar a cabo una adecuada transfusión de hemocomponentes y salvar la vida del paciente. Se toman en cuenta los niveles de sangre perdida, la presión arterial, la presencia de un shock hemorrágico según varias escalas internacionales, para hacer así más fácil su definición.

En el documento multidisciplinar de consenso sobre el manejo de la hemorragia masiva, denominado HEMOMAS “Hemorragia masiva ¿Cuál es la definición de hemorragia masiva? La

definición de HM es arbitraria y de escaso valor clínico. Sin embargo, cualquiera de las definiciones adecuadas que se manejan en la literatura puede tener el valor de iniciar la logística de aplicación de un protocolo específico de HM” (Llau *et al.* 2015).

Existen varias definiciones de hemorragia masiva; lo que sí queda claro que es el enfoque clínico del médico no se puede considerar como un valor único para una definición diagnóstica de sangrado masivo.

Según Carolina Ruiz y Max Andresen (2014), la reanimación propuesta actualmente para el trauma grave corresponde a la "reanimación con control de daños", cuyo objetivo es realizar una resucitación hemostática, y así evitar la muerte por sangrado. La reanimación con control de daños considera el control del sangrado, el aporte precoz de todos los hemoderivados, la hipotensión permisiva y el aporte controlado de cristaloides (p. 758).

El autor demuestra lo importante que es el saber del manejo de la reanimación con control de daños, el cual implica el manejo del sangrado, la transfusión de hemocomponentes, la hipotensión permisiva y los líquidos cristaloides.

La hemorragia obstétrica es otra causa común de MT: la hemorragia masiva es la causa más común de shock en pacientes obstétricas, y es la causa número uno de mortalidad materna en todo el mundo. Otras causas de MT incluyen hemorragia gastrointestinal y cirugías mayores, como cirugía cardíaca, espinal y hepática, y trasplante hepático y multivisceral (Pham y Shaz, 2013, párr. 2).

Las transfusiones masivas se utilizan también en obstetricia. Las hemorragias obstétricas son la causa número de mortalidad en pacientes femeninas en embarazo, y estas generan un estado de shock en ellas. Las transfusiones masivas se implementan también en cirugías con alto porcentaje de pérdida de sangre, y también en pacientes a quienes se les realizan trasplantes.

"La superioridad del TEG sobre los test convencionales ha sido documentada; se sabe que su uso rutinario implica menos transfusión de componentes sanguíneos que la terapia transfusional basada en pruebas de laboratorio convencional” (Fernández *et al.*, 2012, p. 500).

Es importante recalcar uno de los beneficios más importante del TEG, el cual implica menos transfusión de hemocomponentes al paciente y solo darle lo que verdaderamente necesita.

Según Castellón (2020), En España, pionero en hemovigilancia, el Ministerio de Salud (Ministerio de Sanidad Servicios Sociales e Igualdad, 2011), emitió un informe sobre las hemovigilancias, correspondientes, la mayor parte de las reacciones adversas, a la transfusión sanguínea y errores en la administración de los componentes. Las más frecuentes fueron las reacciones febriles (42%), alérgicas (32%), seguidas por las de aloinmunización con un 12% respectivamente, con mortalidad en tres casos, de los cuales dos eran por incompatibilidad del sistema ABO y uno de lesión pulmonar aguda (p. 9).

En México, acerca de la incidencia de reacciones transfusionales en estudio retrospectivo durante cinco años en el Hospital General de México, de 1999 al 2003 se reportó una tasa del 1.7% por cada 1 000 transfusiones, donde el 70.4% fueron agudas no hemolíticas y el 25.6% alérgicas (Castellón, 2020, p.10).

Antecedentes Nacionales

En Costa Rica, por muchos años, se han utilizado los protocolos convencionales de transfusión masiva en el caso de hemorragias masivas, utilizando la prueba de recuento plaquetario, prueba de tromboplastina, tiempo de tromboplastina parcial activada; sin embargo, en la actualidad, en el país y en algunos centros hospitalarios, ya se están haciendo uso de las pruebas viscoelásticas para el manejo de sangrados masivos.

De acuerdo con Zumbado (2018), en el artículo Tromboelastografía: una revisión y sus aplicaciones en la práctica médica:

La hemostasis normal es el control de la activación en la formación del coágulo y la lisis de este, coordinadas de manera perfecta para prevenir hemorragias sin causar trombosis. Es un evento balanceado que cuando se encuentra estable, sus componentes interactúan en las vías correctas y en los niveles apropiados para evitar los sangrados o formación inadecuada de coágulos. Si este balance se pierde el resultado es la hemorragia o la trombosis. (p. 46)

La función normal del cuerpo, cuando hay una lesión en los vasos sanguíneos, es la formación de un coágulo. Cuando alguno de los procesos que se llevan a cabo en la formación de ese coágulo se altera, es cuando se producen las hemorragias o problemas trombóticos.

Actualmente muchos pacientes hospitalizados pueden sufrir sangrados causados por estados coagulopatías, cuyo tratamiento no solo debe dirigirse a reponer el volumen o los componentes perdidos; debe establecerse el origen de la coagulopatía y tratar de corregirla lo antes posible, evitando transfusiones de hemocomponentes o la aplicación de medicamentos innecesarios. (Zumbado, 2018, p. 46)

Aquí radica la importancia de las pruebas viscoelásticas, debido a que en Costa Rica una gran cantidad de pacientes hospitalizados llegan a presentar sangrados, y es importante darles un tratamiento adecuado, y con la reposición del hemocomponente que está necesitando; así se evita el desperdicio de hemocomponentes y se le pone al paciente un tratamiento inespecífico.

De acuerdo con Zumbado (2018):

En años recientes se ha incrementado de manera significativa el uso análisis de hemostasis global mediante viscoelastografía rotacional (tromboelastografía /tromboelastometría) para el monitoreo de pacientes coagulopáticos o en riesgo de serlo. En la actualidad existen tecnologías que permiten obtener resultados en tiempo real y cuyos valores empiezan a dar información entre los 10 y 30 minutos, permitiendo determinar alteraciones en factores de la coagulación, inhibidores, fibrinógeno, plaquetas y cascada fibrinolítica. La sensibilidad de la técnica y la rapidez de los resultados hace que estos análisis se hagan cada vez más atractivos para ser utilizados como guía en la toma de decisiones sobre la necesidad de transfundir de hemocomponentes y la terapia farmacológica de las coagulopatías. (p. 46)

En los últimos años, Costa Rica ha estado utilizando la viscoelastografía rotacional, ya que su uso ha reflejado ser beneficioso por la velocidad en la que dan los datos del paciente, y así poder transfundir a ese paciente correctamente, siendo esta una técnica eficaz y sensible.

Debido a las limitaciones anteriores, actualmente han tomado importancia la tromboelastografía (TEG) y la tromboelastometría rotacional (ROTEM) que evalúan en tiempo real todo el proceso de coagulación, incluyendo la formación de fibrina, la velocidad de formación del coágulo, así como también la fuerza, la estabilidad y la lisis del mismo. (Roldán, 2015, p. 649)

En Costa Rica, estas pruebas en los últimos años se utilizan con más frecuencia; sin embargo también desaparecieron por tres décadas, y al día de hoy estas pruebas viscoelásticas son de ayuda para el equipo médico, ya que, aparte de analizar el proceso de la formación del coágulo, también son fáciles de usar para el personal que no pertenece a un laboratorio, para los resultados a largo corto plazo, y sirve como diagnóstico y con el fin de saber la causa de una hemorragia, y posteriormente facilitar el manejo del sangrado agudo.

Tabla 1

Antecedentes de marco teórico

| Documento de consulta | Título del artículo | Au-tor(es) | Año de publicación | Datos para realizar la referencia | Relación con el tema de investigación |
|---|--|--|---------------------------|--|--|
| Revista de Medicina Intensiva. | Alternativas terapéuticas de la hemorragia masiva. | Fernández, E., Murillo, F., Puppo, A. y Leal, S. | 2012. | Manejo de hemorragias masivas. | Pruebas viscoelásticas en hemorragias masivas. |
| British Journal of Anaesthesia, 111 Suppl 1, i71-i82. | Update on massive transfusion. | Pham, H.P., y Shaz, B.H. | 2013. | Transfusión masiva. | Pruebas viscoelásticas. |
| Journal of Trauma Nursing. | Resuscitative strategies in the trauma patient: the past, the present, and the future. | Eick, B.G., y Denke, N.J. | 2018. | Trauma. | Manejo del trauma. |

| | | | | | |
|--|---|--|-------|-------------------------------------|--|
| Revista Médica de Costa Rica y Centroamérica LXX (608) 607-613. | Sangrado masivo: uso de tromboelasto-metría y tromboelastografía rotacional. | Mata, D. | 2013. | Sangrado masivo y sus pruebas. | Beneficios de las pruebas viscoelásticas en sangrado masivo. |
| Journal of Trauma Nursing. Volume 24, Number 3. | Evaluation tool for assessing a newly implemented massive transfusion protocol. | Broxton, S., Medeiros, R., Schumacher, A. | 2017. | Protocolos de trauma. | Transfusión masiva. |
| Revista Colombiana de Anestesiología. | Tromboelastografía: nuevos conceptos en la fisiología de la hemostasia y su correlación con la coagulopatía asociada al trauma. | Galvez, K., y Cortés, C. | 2012. | Coagulopatías asociadas a trauma. | Tromboelastografía. |
| Monitoreo de la coagulación sanguínea en el paciente con sangrado crítico. | Monitorización y anestesia. | Molina, F., Romero, G., Lespron, M., Guillen, Y. | 2015. | Monitoreos de pacientes inestables. | Pruebas viscoelásticas en pacientes críticos. |

| | | | | | |
|--|---|---|-------|--|--|
| Rev. Colegio de Microb. Quím. Clín. de Costa Rica, Vol 24, N° 2, Mayo-agosto 2018 | Tromboelastografía: una revisión y sus aplicaciones en la práctica médica. | Zumbado, G. | 2018. | Beneficios de las pruebas viscoelásticas en el sangrado masivo. | Hemostasis, pruebas convencionales de coagulación y pruebas viscoelásticas. |
| Revista Médica de Costa Rica y Centroamérica LXXI (616) 647-651. | Coagulopatía inducida por trauma. | Roldán, C. | 2015. | Trauma. | Coagulopatía y pruebas viscoelásticas. |
| Biblioteca Virtual de la Universidad de Málaga, España. | Guía práctica para manejo de la hemorragia masiva. | Fernández, J., Medina, A., Mingot, E., Muñoz, M. | 2017. | Beneficios de las pruebas viscoelásticas en los sangrados masivos. | Definición de sangrado masivo y el uso de las pruebas viscoelásticas. |
| Documento multidisciplinar de consenso sobre el manejo de la hemorragia masiva Vol. 39. Núm. 8, 483-504. | Documento multidisciplinar de consenso sobre el manejo de la hemorragia masiva (documento HEMOMAS). | Llau, J., Acosta, F., Escolar, G., Fernandez-Mondéjar, E., Guasch, E y Marco P. | 2015. | Beneficios de las pruebas viscoelásticas en los sangrados masivos. | Definiciones de sangrados masivos para el uso de las pruebas viscoelásticas. |

| | | | | | |
|---|---|--|-------|--|---|
| Desafíos Hemorrágicos. | Sangrado crítico. | Fondevila, C., y Marun, S. | 2016. | Sangrado. | Sangrado crítico. |
| Hematología Volumen 23 Número Extraordinario XXIV Congreso Argentino de Hematología: 354-362. | Hemorragia en trauma: fisiopatología y manejo. | Fondevila, C.G. | 2019. | Beneficios de las pruebas viscoelásticas en los sangrados masivos. | Causa más frecuente de sangrado masivo. |
| Revista Cubana de Hematología, Inmunología. Volumen 33, número 3. | Coagulopatía aguda traumática y hemorragia masiva: una relación que debemos conocer. | Román Torres, R., Trujillo Puentes, H.J., y Ortega, León. L. | 2017. | Beneficios de las pruebas viscoelásticas en los sangrados masivos. | Causas más frecuentes de sangrado masivo. |
| Revista Anestesiología Clínica, Vol. 37, número 1, 51-66. | Viscoelastic monitoring to guide the correction of perioperative coagulopathy and massive transfusion in patients with life-threatening hemorrhage. | Blaine. K.P., y Steurer, M.P. | 2019. | Monitoreo viscoelástico. | Guía para el uso de pruebas viscoelásticas. |
| Advances in Surgery, 53, 221-233. | What's new in trauma resuscitation? | Dauer, E., y Goldberg, A. | 2019 | Resucitación en trauma. | Pruebas viscoelásticas en trauma. |

| | | | | | |
|---|---|---|-------|---|--|
| Medical Developments. | A new era of thromboelastometry . | Croche-more, T., Toledo, F., Reis, R., Campos, J., Rolim, L., y Domin-gos, T. | 2016. | Trombo-elastrometría. | Pruebas viscoelásti-cas. |
| <i>Current Opinion in Critical Care</i> , 25(6), 668-674. | Coagulopathy in the surgical patient: trauma-induced and drug-induced coagulopathies. | Peralta, R., Thani, H. A., y Rizoli, S | 2019. | Beneficios de las pruebas viscoelásticas y la coagulopatía. | Beneficios de las pruebas viscoelásti-cas. |
| Multidisciplinar y Review. Frontiers in Medicine. | Métodos viscoelásticos de evaluación de la coagulación de la sangre: una revisión multidisciplinaria. | Benes, J., Zatlou-kal, J., y Kletecka, J. | 2015. | Pruebas viscoelásticas . | Métodos viscoelásti-cos. |
| Artículo de revisión. | Tromboelastografía y sus aplicaciones clínicas | Franceschi, J. | 2015. | Tromboelas-tografía. | Aplicaciones clínicas. |
| Revista Mexicana de Anestesiología Vol. 38. Supl. | Monitoreo de la coagulación en el perioperatorio. | Carrillo, R., y Meza, J. | 2015. | Beneficios de las pruebas viscoelásticas en el sangrado masivo. | Función de las pruebas Viscoelásti-cas. |

Nota: Elaboración propia (2021).

Incidencia de sangrado masivo en Europa y América

El trauma es una de las principales causas de muerte alrededor del mundo. Se ha estimado que en la región europea cerca de 500 000 personas mueren cada año por causas que incluyen caídas, lesiones producidas por accidentes de tránsito, quemaduras, violencia interpersonal y suicidio (OMS, 2020). En América, la hemorragia ocurrida secundaria al trauma es la principal causa de muerte en individuos menores de 46 años (Chambers *et al.*, 2019).

En el 2015, en el Instituto Nacional del Trauma de los Estados Unidos de América, se estimó que en el área de civiles las hemorragias severas representan más del 35% de las muertes antes de llegar al hospital, y cerca del 40% de las muertes dentro de las 24 horas posteriores al ingreso a la atención (Chambers *et al.*, 2019). Además, se ha determinado que el 25% de los pacientes de trauma se ven afectados por alguna coagulopatía (Kauvar, Lefering y Wade, 2006).

La hemorragia grave asociada a un trauma es la responsable de la mitad de los 4,6 millones de muertes anuales en el mundo. Más del 50% morirán por complicaciones asociadas al sangrado masivo.

La Sociedad Argentina de Hematología indica que del 3 al 10% de pacientes que presentan traumas sufrirán una hemorragia masiva. Y la mortalidad asociada al sangrado asciende al 30-60%.

La Sociedad Japonesa de Anestesia, menciona que la principal causa de paro cardiorrespiratorio intrahospitalario, en ese país, es el sangrado masivo. La mortalidad a causa de la hemorragia está asociada a acidosis y shock, y representa entre 15-54%.

De acuerdo con Ramler *et al.* (2017), la incidencia de transfusión masiva debido a hemorragia posparto parece mayor en los Países Bajos, en comparación con el Reino Unido y los EE. UU. Entre el 2004 y el 2006, la incidencia de hemorragia posparto tratada con transfusión masiva fue notablemente alta en los Países Bajos (91 por 100 000 partos). Esto es cuatro veces la incidencia reportada para el Reino Unido entre el 2012 y el 2013 (23 por 100 000 partos), y una vez y media la incidencia reportada para el estado de Nueva York entre 1998 y el 2007 (60 por 100 000 partos).

Componentes de la coagulación y la cascada de la coagulación

Los componentes de la coagulación es importante conocerlos, ya que se hablará durante la investigación sobre estas sustancias, encargadas de la participación e interacción de células y proteínas plasmáticas, que tienen como característica generar trombina, la cual es la sustancia central de la coagulación, y que tendrá una función hemostática en transformar el fibrinógeno en fibrina.

Según Guerrero y López (2015), las proteínas de la coagulación, de acuerdo con sus funciones o características, se dividen de la siguiente forma:

Factores de contacto: representados por los factores XI, XII, PK y QAPM. Inicialmente, se relacionaron con la activación del FXII o factor Hageman, por contacto con superficies cargadas negativamente, como el colágeno subendotelial que se expone ante una lesión vascular. La deficiencia de alguno de estos componentes se manifiesta por un alargamiento del tiempo de tromboplastina parcial activado (TTPa); sin embargo, su deficiencia *in vivo* se ha asociado con riesgo de trombosis, lo que se explica por la participación de estos factores en la fibrinólisis, al activar el plasminógeno, bien sea de manera directa por acción del FXIIa o indirecta por activación de la prouroquinasa mediada por la calicreína.

Factores dependientes de la vitamina K: son una serie de proteínas que comparten características bioquímicas y estructurales especiales. Entre estas, la carboxilación de los residuos de ácido glutámico en el extremo amino-terminal a través de la enzima glutamato-carboxilasa, en una reacción dependiente de la vitamina K. Como resultado de la carboxilación, estas proteínas poseen en la región amino-terminal un dominio conocido como “Dominio Gla”, compuesto por 8 a 12 residuos de ácido γ -carboxiglutámico, los cuales favorecen la formación de complejos enzimáticos por su unión a los fosfolípidos de la membrana plaquetaria, mediante iones calcio. Otra característica común de estos factores es que son sintetizados en el hígado, y que en todos se producen cambios postranscripcionales, como la eliminación del propéptido señal y el proceso de carboxilación. Entre estos factores se encuentran el factor II (mejor conocido como protrombina) y los factores VII, IX y X (los dos últimos también llamados factor Christmas y factor Stuart-Power respectivamente) y las proteínas C, S y Z. En casos de deficiencia de vitamina K, o de tratamiento

con anticoagulantes que actúan como antagonistas de la vitamina K, estos factores son sintetizados, pero carecen de los residuos de ácido γ -carboxiglutámico, por lo que no son funcionales.

Cofactores: son componentes de los complejos enzimáticos que no poseen actividad catalítica *per se*, sino que actúan acelerando la velocidad de reacción de la enzima presente en el complejo, asegurando una eficiencia catalítica adecuada. Entre estos se encuentran los QAPM, los factores V, VIII, la proteína S, la trombomodulina y el factor tisular.

Cimógenos o sustratos: están representados por proteínas que se sintetizan como proenzimas, que en su mayoría al ser activadas se convierten en proteasas tipo serina; entre estas se encuentra la protrombina, que es transformada en trombina. El FXIII y el fibrinógeno representan dos excepciones, debido a que el FXIII, al ser activado, se convierte en una transglutaminasa plasmática, el FXIIIa, que cataliza la reacción de entrecruzamiento de la fibrina, y el fibrinógeno que por acción de la trombina es transformado en fibrina, una proteína estructural sin función catalítica.

Inhibidores: la mayoría de los inhibidores de la coagulación se asocian a una superfamilia de proteínas denominada serpinas o inhibidores de proteasas de serina, que regulan, además, otros procesos como: angiogénesis, fibrinólisis e inflamación, entre otros. Uno de sus principales representantes es la antitrombina III (ATIII), que actúa junto al heparán sulfato para inhibir a la trombina, así como a los factores VIIa, IXa, Xa, XIa, XIIa y a la calicreína. El cofactor II de la heparina es otra serpina, que inhibe a la trombina en presencia de heparán o dermatán sulfato.

El inhibidor del componente C1 del complemento, también conocido como inhibidor de la proteína C, es una serpina que inhibe a la trombina, la proteína Ca, la calicreína, los factores XIa y XIIa, y al componente C1 del complemento, de donde proviene su nombre. Finalmente, el inhibidor de proteasas, dependiente de la proteína Z (ZPI), es otro representante del grupo de las serpinas que inhibe al FXa en presencia de la proteína Z, fosfolípidos y calcio.

El ZPI también inhibe al FXIa en ausencia de cofactores. Adicionalmente, existen otros importantes inhibidores de la coagulación que no pertenecen al grupo de las serpinas, como el

inhibidor tipo "KUNITZ" denominado inhibidor de la vía del factor tisular (TFPI), por las siglas de su nombre en inglés Tisular Factor Pathway Inhibitor, que inhibe al FXa en presencia de la proteína S y al complejo FXa/FT/FVIIa (11-15); así como el sistema formado por la Proteína C/Trombomodulina/Trombina, que inhibe por proteólisis a los factores Va y VIIIa (pp. 434-435).

Para que la sangre se coagule o no, depende del equilibrio entre las sustancias procoagulantes y las anticoagulantes. En el torrente sanguíneo predominan generalmente los anticoagulantes, por lo que la sangre no se coagula mientras está en circulación en los vasos sanguíneos. Sin embargo, cuando se rompe un vaso, se "activan" las sustancias procoagulantes del tejido dañado y se inactivan a los anticoagulantes, y así aparece el coágulo.

De acuerdo con Ceresetto (2017), solo a fines del siglo XIX se comienzan a conocer los diferentes componentes que integran al sistema de coagulación, y hace apenas 60 años se propone el modelo de la "cascada" de coagulación, donde los precursores que circulan en forma inactiva, como plaquetas y proteínas del plasma, se activan en una serie de reacciones o pasos enzimáticos hasta finalizar en la red de fibrina (p. 5).

El sistema de la coagulación es un sistema que normalmente es inactivo, pero se activa en pocos segundos después de una lesión endotelial, donde se genera un contacto del FT con el plasma; este estímulo procederá a la activación de la hemostasia, que actuará directamente a nivel de la lesión endotelial. La respuesta hemostática se caracteriza porque incluye tres procesos, los cuales son: la hemostasia primaria, la hemostasia secundaria y la fibrinólisis, existiendo siempre una interacción entre la pared vascular y la sangre.

La coagulación de la sangre es un proceso complejo, donde participan componentes plasmáticos, conocidos como factores y cofactores de la coagulación. Estos factores participan en la cascada de coagulación e interactúan como en cadenas, donde un factor que es activado se convierte en una enzima capaz de activar otro factor para cumplir con su función.

Según Martinuzzo (2017), se consideró hace más de medio siglo que las reacciones de coagulación se llevaban a cabo de manera secuencial, donde cada factor era una proenzima, que al

ser activada se transformaba en una enzima capaz de activar a otro factor. De esta teoría nació la definición de “cascada de la coagulación”, que tenía como principal función generar la activación de la protrombina (FII) a trombina (IIa), que es la enzima llave de todo el proceso (p. 32).

Al generar la activación de la protrombina a trombina, se necesita tener altas concentraciones de IIa para llegar al evento final, el cual es convertir fibrinógeno en fibrina para compactar el trombo plaquetario que iba a iniciar el proceso de la hemostasia primaria. Se crean dos vías, conocidas como vías intrínsecas y extrínsecas.

La teoría clásica de la coagulación está conformada por dos vías, la intrínseca y la extrínseca; por medio de estas vías se explica el mecanismo como un proceso enzimático en cadena y limitado sobre las plaquetas para la formación de trombina. La vía intrínseca se activa por un daño al endotelio; se procederá a una exposición de sustancias cargadas negativamente para que luego se dé una interacción entre los factores de contacto; se inicia la interacción tipo cadena, donde el iniciador del proceso es el factor FXII, que es una proenzima, y posee una pequeña actividad catalítica que alcanza para activar a la PK, convirtiéndola en calicreína. Posteriormente, la calicreína es impulsada por QAPM que actúa sobre el factor XIIa, una enzima mucho más eficiente que actúa sobre el factor XI para generar FXIa, que en presencia de iones de Ca^{++} activa al FIX. Seguidamente, se genera un complejo llamado tenasa intrínseca, que está compuesto por el factor IXa, generado, junto al FVIIIa, iones Ca^{++} y fosfolípidos; este complejo asegura la eficacia catalítica para activar al FX a la velocidad requerida en el momento de activarse el proceso de la coagulación.

La actividad de la vía extrínseca se inicia igualmente con el complejo “tenasa extrínseca,” que está conformado por el factor tisular (FT), el FVIIa circulante, iones de Ca^{++} y fosfolípidos, el cual activa tanto al FX como al FIX.

Existe finalmente una vía que es común donde convergen ambas vías mencionadas; a nivel del FXa junto FVa, la protrombina, iones de Ca^{++} y fosfolípidos, se crea un complejo que es llamado protrombinasa, encargado de producir trombina para que actúe sobre el fibrinógeno, transformándolo en fibrina, y esta fibrina se hace estable por medio del factor FXIIIa, formando, con otros componentes de la sangre, el coágulo.

La “vía intrínseca”, llamada así porque todos sus componentes estaban presentes en la sangre, y la “vía extrínseca” necesitaba la exposición de un componente externo a la sangre, como el factor tisular (FT) de la pared vascular, o tromboplastina tisular, para iniciar la activación (Martinuzzo, 2017, p. 32).

En el proceso de lo que se llama modelo celular de la coagulación se proponen tres etapas: iniciación, amplificación y propagación. La fase de iniciación empieza con la exposición de factores; el factor que lo inicia es el factor tisular, que también es conocido como tromboplastina o factor III, y este factor se encuentra siempre localizado en la membrana de las células donde se ha formado. Según los autores Flores *et al.* (2014), mencionan que por medio de la:

... evidencia reciente sugiere que las vesículas de membrana que contienen factor tisular, pueden unirse a la superficie plaquetaria de un trombo en evolución. La fuente y el papel de dichas vesículas permanecen sin aclararse, sin embargo, es claro que las plaquetas normales circulantes no activadas, no contienen ni expresan factor tisular. (p. 384)

El mecanismo de la coagulación se divide en diferentes fases, y es importante recalcar que todas están relacionadas entre sí: quiere decir que las plaquetas que están siendo activadas aceleran la coagulación y los productos de la coagulación, como la trombina, que inducen a la activación plaquetaria.

Según Martinuzzo (2017), la iniciación del proceso se da por exposición de las células ricas en FT (fibroblastos, células musculares lisas), luego de un daño vascular, o por la expresión de FT en células activadas (monocitos, neutrófilos, CE que pueden sintetizarlo y expresarlo en su membrana cuando son estimuladas por citoquinas, FIIa o endotoxinas) (p. 36).

Para que se inicie la etapa de iniciación, se producen mínimas cantidades de trombina, que son insuficientes para formar un coágulo de fibrina estable, pero que, sin embargo, es imprescindible para activar el sistema. La segunda etapa de propagación ocurre sobre las plaquetas activadas. La última etapa es la de “explosión de trombina”, y es cuando se produce suficiente cantidad de trombina para transformar el fibrinógeno en fibrina.

La amplificación es el proceso dependiente de la agregación de las plaquetas al subendotelio, y su activación por las trazas de trombina que se forman durante la fase de iniciación.

La fase de propagación es caracterizada por la presencia de fibrinogénesis y agregación plaquetaria. Según Guerrero y López (2015): "... el FIXa generado en la fase de iniciación, forma junto con el FVIIIa, sobre una superficie fosfolipídica y en presencia de iones de calcio, el complejo 'Tenasa Intrínseco' (p.8). Se crea el complejo tenasa intrínseco del modelo celular de la coagulación, donde se generan excesivas cantidades de FXa; este se une al FVa en presencia de iones de calcio, y se generará el complejo protrombinasa, donde posteriormente se desarrollará la activación de protrombina, y que esta, a su vez, producirá grandes cantidades de trombina; estas cantidades de trombina son las adecuadas para liberar fibrinógeno y, a su vez, generar fibrinas que se estabilizan y se unen a FXIIIa, con lo que se produce un coágulo de fibrina, que es muy estable y persistente. Al terminar este proceso, la función de la trombina cesa, o es inhibida por la acción de los inhibidores como la antitrombina III, TFPI y el sistema de la proteína C activada.

Fisiología de la hemostasia

La hemostasia es un mecanismo fisiológico indispensable para la supervivencia del ser humano. Desde otro punto de vista, se podría decir que es un sistema de defensa en el momento que los Vasos Sanguíneos (VS) son lesionados, independientemente por el agente causal que lo produzca, ya sea externo o interno. Por mencionar algunos mecanismos de lesión, se podría hablar de traumatismos, sangrados gineco-obstétricos y quirúrgicos.

Cuando se lesiona un VS es justo donde inicia la función de la hemostasia, cuya función principal es reparar este vaso de forma inmediata para evitar una hemorragia inminente.

Es un proceso complejo, se divide en varias etapas y también requiere de muchos elementos y factores para que se lleve a cabo de forma ideal. Entre ellos se encuentran los factores vasculares, las plaquetas y los factores de la coagulación plasmática. Todos deben trabajar en sintonía y de una forma combinada para que el proceso sea exitoso. Si alguno de todos los factores mencionados anteriormente falla, es cuando se altera la hemostasia y se producen, como consecuencia, la hemorragia masiva o la trombosis. En esta revisión bibliográfica, el enfoque se guiará hacia la alteración de la hemorragia masiva. Para una mayor efectividad y seguridad de este fenómeno fisiológico, cada componente está inactivo; por ende, cada uno va a tener un activador que actúa solo en la región de la lesión tisular; así como también tienen sus inhibidores en la coagulación y en la fibrinólisis, una vez que se haya reparado el problema de lesión.

De acuerdo con Dalmau (2018), el sistema tiene mecanismos de seguridad: cada componente es inactivo y se tiene que activar; la mayoría de los componentes forman complejos con la superficie de las membranas que están localizados solo en la región del vaso lesionado y, finalmente, existen los inhibidores del proceso, para evitar una activación de la coagulación y fibrinólisis más allá de la lesión. La hemostasia resultante siempre depende del equilibrio entre ambos sistemas; así, se observa que:

- En las personas sanas el equilibrio es perfecto.
- Si disminuyen los factores de coagulación, o el potencial fibrinolítico sobrepasa el potencial de coagulación, se producirá una hemorragia.
- Si el potencial de coagulación sobrepasa el fibrinolítico, o bien disminuyen los factores inhibidores de la coagulación, se producirá una trombosis.

Para una explicación más sencilla, la hemostasia se divide en primaria, secundaria, o también llamada fase plasmática de la coagulación y la fibrinólisis.

Según Grimaldo (2017), en Fisiología de la hemostasia:

La hemostasia es un sistema que mediante un proceso complejo cumple dos funciones principales: 1) mantener la sangre en un estado líquido, fluido que permita la circulación en los vasos sanguíneos; 2) suprimir la salida de sangre desde el espacio intravascular a través de un vaso lesionado (con pérdida de la continuidad); esta última función es mediante la formación de una red de fibrina que además proporcionará los elementos para reparar la pared del vaso y cuando la red de fibrina ya no es necesaria este mismo sistema la eliminará mediante la fibrinólisis. Por lo tanto, este proceso debe ser rápido, localizado y cuidadosamente regulado.

Las consecuencias de una «falla» en este sistema son evidentes trombosis o hemorragias. Para su estudio se dividen en hemostasia primaria, hemostasia secundaria, o fase plasmática de la coagulación y fibrinólisis.

Como ya se mencionó anteriormente, es un sistema que está conformado por muchos elementos, por lo que muchos autores lo han dividido en varias fases, para así facilitar el estudio y comprenderlo de una forma más sencilla. La han clasificado en fase primaria, fase secundaria, o también llamada fase plasmática de la coagulación, y la fibrinólisis.

La primaria, como su nombre lo dice, es la primera en actuar, y se lleva a cabo de forma inmediata, en segundos y minutos. Aquí trabajan las plaquetas y los factores vasculares del endotelio, para que se lleve a cabo la formación del trombo plaquetario. Posteriormente, en la etapa secundaria es donde entran a funcionar todos los factores de la coagulación, y se forma la malla de fibrina y, por último, pero no menos importante, la fibrinólisis, que por medio de la plasmina se encarga de la disolución de la fibrina; esta última fase puede durar inclusive varias horas.

De acuerdo con Ceresetto (2017): “El sangrado inmediato en el lecho quirúrgico en forma de un babeo constante suele asociarse a alteraciones de la hemostasia primaria. En cambio, un sangrado tardío puede relacionarse a un trastorno del factor XIII o del fibrinógeno” (p. 74). Siempre es importante, a la hora de estar presentes ante una coagulopatía, hacerle una historia clínica al paciente, preguntarle sobre sus antecedentes personales patológicos y sus antecedentes heredofamiliares, si ha presentado alteraciones hemostáticas, para así guiarse en el manejo del paciente.

Clasificación de la hemostasia

Tabla 2

Clasificación de las tres fases de hemostasia

| Hemostasia primaria | Hemostasia secundaria | Fibrinólisis |
|--|--|--|
| <ul style="list-style-type: none"> • Vasoconstricción (inmediata). • Adhesión plaquetaria (segundos). • Agregación plaquetaria (minutos). | <ul style="list-style-type: none"> • Activación de los factores de coagulación. • Formación de malla de fibrina (minutos). | <ul style="list-style-type: none"> • Activación de la fibrinólisis (minutos). • Lisis del coágulo (horas). |

Nota: Elaboración propia, extraída de Ceresetto (2017).

Hemostasia primaria

Como se observa en la tabla anterior, la función principal de esta fase es formar un tapón plaquetario; aquí es donde la lesión actúa de forma inmediata con las plaquetas y la pared vascular para impedir que salga la sangre de las arteriolas pequeñas, capilares y vénulas.

La creación del tapón hemostático primario necesita que el endotelio y subendotelio se encuentren íntegro y a su vez se conserve la funcionalidad plaquetaria.

Cuando se produce una lesión en un vaso, el primer mecanismo para detener la hemorragia es una vasoconstricción local refleja, y a continuación la formación del tapón hemostático plaquetario.

A/ Adhesión plaquetaria: las plaquetas normalmente andan por todo el torrente sanguíneo, pero se encuentran en estado inactivo, se unen al vaso lesionado y así liberan todos sus gránulos uniéndose con otras plaquetas, y así entonces se forma el tapón inicialmente.

Las plaquetas se adhieren a al subendotelio vascular mediante los receptores de membrana los cuales serían Gp Ia y Gp IIa (en endotelio) y GpIb/IX (en la membrana plaquetar), formando un puente con el factor von Willebrand (vWF) (p. 3).

B/ Activación: la activación plaquetaria depende de la síntesis de tromboxano A₂ y PGI₂ por la vía de la ciclooxigenasa.

C/ Secreción: en los gránulos densos δ y gránulos α de las plaquetas existen sustancias que regulan la agregación y la activación de la coagulación: ADP, calcio, serotonina, PDGF (factor de crecimiento obtenido de plaquetas), factor 4 plaquetario.

D/ Agregación: formación del tapón plaquetario. Depende fundamentalmente del vWF y de otros factores estimulantes

Hemostasia secundaria

Esta fase se da prácticamente al mismo momento que se lleva a cabo la fase primaria; la importancia radica en la inyección con las proteínas plasmáticas, la activación de todos los factores de coagulación, para finalmente llegar a producir la malla de fibrina, la cual tiene la función de reforzar el tapón plaquetario formado en la fase primaria.

Según Ceresetto (2017), en la hemostasia secundaria participan los diferentes factores de coagulación hasta llegar a la trombina, enzima clave que transforma el fibrinógeno para que forme la malla de fibrina (p. 6).

Dalmau (2018) dice que es la interacción de las proteínas plasmáticas o factores de coagulación entre sí, que se activan en una serie de reacciones en cascada, conduciendo a la formación de fibrina. La fibrina formará una malla definitiva que reforzará al trombo plaquetario, construyendo

finalmente un coágulo o trombo definitivo. Intervienen en el proceso una serie de proteínas procoagulantes (los doce factores de coagulación responsables de la formación de fibrina) y proteínas anticoagulantes (regulan y controlan la coagulación, evitando que los factores activados en un punto concreto se dispersen y produzcan una coagulación generalizada). Los más importantes son: antitrombina III y proteína C.

Fibrinólisis

Hemorragia masiva

A lo largo de la historia han surgido varias definiciones de hemorragia masiva; sin embargo, se han creado escalas para establecer su definición, y así evitar confusiones.

De acuerdo con Fernández *et al.* (2017), en la guía práctica para manejo de la hemorragia masiva se define como cualquier hemorragia que amenaza la vida y requiere transfusión urgente y masiva de hemoderivados.

Según los parámetros clínicos y la temporalidad:

Atendiendo a parámetros clínicos

1. Pérdidas de sangre evidentes niveles, III y IV de la clasificación de American College of Surgeons: hipotensión (PAS < 85 mmHG), taquipnea (> 30 respiraciones/minuto) y alteraciones del sistema nervioso central (bajo nivel de conciencia, paciente confuso o letárgico).
2. Cualquier pérdida importante de sangre que provoca shock hemorrágico.
3. Puntuación mayor de 2 en la escala ABC (Assessment of Blood Consumptions).

B. Atendiendo la temporalidad

1. Pérdidas medibles de sangre ≥ 150 mL/min durante diez minutos o más.
2. Pérdida del 50% del volumen sanguíneo en unas tres horas.
3. Cuatro unidades de concentrado de hematíes en una hora y siguen sangrando.

Tabla 3

Clasificación de la pérdida sanguínea y grado de hemorragia de American College of Surgeons

| Parámetros | Clase I | Clase II | Clase III | Clase IV |
|--|--------------------|-----------------|-----------------------|-----------------------|
| Pérdida de sangre(mL). | <=750 | 750-1500 | 1500-2000 | >=2000 |
| Pérdida de sangre (% volumen sanguíneo total). | <= 15% | 15-30% | 30-40% | >= 40% |
| Frecuencia cardiaca. | >100 | >100 | >120 | >=140 |
| Presión arterial. | Normal. | Normal. | Disminuida. | Disminuida. |
| Presión pulso. | Normal o alta. | Disminuida. | Disminuida. | Disminuida. |
| Relleno capilar. | Normal. | Retardado. | Retardado. | Retardado. |
| Frecuencia respiratoria. | 14-20 | 20-30 | 30-40 | >35 |
| Gasto urinario | >= 30 | 20-30 | 5-10 | <5 |
| Estado mental. | Discreta ansiedad. | Ansioso. | Ansiedad, confusión. | Confusión, letargia. |
| Reemplazo de líquidos. | Cristaloides. | Cristaloides. | Cristaloides+ sangre. | Cristaloides+ sangre. |

Nota: Modificado de Fernández *et al.* (2017).

Tabla 4*Escala ABC (Assessment of Blood Consumptions)*

| Escuela ABC (Assessment of Blood Consumptions). | Sí. | No. |
|---|------|-----|
| TAS \leq 90 mmHg | 1 | 0 |
| FC \geq 120 lpm | 1 | 0 |
| Mecanismo penetrante | 1 | 0 |
| Capacidad predictiva para transfusión masiva | | |
| 2 puntos | 38% | |
| 3 puntos | 45% | |
| 4 puntos | 100% | |

Nota: Modificado de Fernández *et al.* (2017)

En esta guía, los parámetros clínicos más relevantes son la hipotensión, la taquipnea y la alteración del estado de conciencia; no obstante, la cuantificación del volumen sanguíneo perdido también forma parte de la clasificación. De acuerdo con la ACS, un sangrado masivo es a partir de III y IV.

Según Llau *et al.* (2015), en el Documento multidisciplinar de consenso sobre el manejo de la hemorragia masiva, documento HEMOMAS, la definición de HM es arbitraria y de escaso valor clínico. Sin embargo, cualquiera de las definiciones adecuadas que se manejan en la literatura puede tener el valor de iniciar la logística de aplicación de un protocolo específico de HM.

1. Pérdida sanguínea superior a 150ml/min por más de min.
2. Pérdida de un volumen sanguíneo en 24 h.
3. Hemorragia mayor que precisa transfusión de cuatro concentrados de hematíes en una hora.

4. Pérdida de 1-1,5 volemias en 24 h.
5. Pérdida del 50% de la volemia en tres horas.
6. Hemorragia mayor, que amenaza la vida y da como resultado una transfusión masiva.

Según los autores, todas las definiciones mencionadas anteriormente son óptimas. Se podría decir que la que más acertada es la pérdida sanguínea superior a 150 ml/min por más de diez minutos, aunque esta cuantificación, aunque es la más cercana a la realidad, cuando se encuentra en la emergencia en muchas ocasiones es difícil medirla.

Protocolos y pruebas de laboratorio convencionales en el manejo del sangrado masivo

Actualmente, a nivel mundial se han creado protocolos de transfusión masiva en los centros de trauma; el uso de protocolo va a estandarizar el manejo para estos pacientes, a su vez generando orientación al banco de sangre sobre qué productos se utilizarán en el abordaje del paciente en el servicio de emergencias, desarrollando mejor organización y planificación para que los hemocomponentes estén disponibles de manera inmediata. Si bien es cierto, estos protocolos varían entre los hospitales, la transfusión masiva se centra en la administración de glóbulos rojos, plaquetas y plasma fresco congelado.

Al momento de abordar un sangrado, es importante conocer qué pruebas de la coagulación se deben solicitar y, a su vez, saber interpretar los estudios de la hemostasia, reconocer cuáles parámetros son normales y cuáles son alterados. Realizar bien este proceso es indispensable para evitarle múltiples complicaciones al paciente.

El manejo para el sangrado masivo tiene, como objetivo, reponer el volumen circulante, ya sea por medio de cristaloides (Ringer Lactato o suero salino), coloides e interrumpir el sangrado. Es importante conocer las complicaciones asociadas a estas soluciones, los cristaloides afectan los factores de coagulación y plaquetas por medio de una dilución, generando a su vez una coagulopatía o una falla multiorgánica. La administración de coloides, se recomienda hacerla de una forma más temprana que los cristaloides; sin embargo, esta solución también puede generar afectaciones si se utilizan hidroxietil almidón o dextranos.

Es importante hablar sobre la definición de transfusión masiva, debido a que la mayor cantidad de definiciones encontradas están relacionadas con la cantidad de sangre perdida. Sin embargo, no debería ser así, ya que es necesario un elevado consumo de hemoderivados para poderla definir como una transfusión masiva. Una de las definiciones recopiladas la explica como una transfusión del 50% del volumen sanguíneo en tres horas.

Por años, al momento de transfundir a un paciente se utilizan grandes cantidades de cristaloides para el manejo y la reanimación del paciente hemodinámicamente inestable. Se utilizan soluciones salinas por su composición químicamente similar a la de los líquidos extracelulares producidos por el organismo.

Cada centro hospitalario se adapta a su protocolo basado en su disponibilidad. Existen múltiples modelos de protocolos: guiados por banco, predeterminados con paquetes de shock y dirigidos por pruebas viscoelásticas, que permiten la administración de fármacos frente a hemoderivados.

Los protocolos de transfusión masiva deben ser multidisciplinarios, donde deben estar constituidos por un representante como mínimo del banco de sangre, del servicio de emergencias, de anestesia y un departamento de trauma.

En la actualidad, se considera que la práctica de administración deliberada de cristaloides y glóbulos rojos empacados exacerba la coagulopatía en los pacientes de trauma grave, por lo que se han establecido nuevos protocolos basados en un régimen más fisiológico, y muy similar a la composición de la sangre, que consisten en la administración temprana de glóbulos rojos empacados, plasma fresco congelado y plaquetas en una proporción de 1:1:1, con lo que se logra prevenir y corregir la coagulopatía, mejorando la capacidad hemostática intrínseca del paciente, contribuyendo, además, a aumentar la tasa de supervivencia (Roldan,2015,p. 650).

Protocolo de transfusión masiva ratio 1:1:1

El protocolo de transfusión se utiliza en pacientes con pérdida masiva de sangre y que presentan la tríada letal: hipotermia, acidosis y coagulopatía.

A. Hipotermia: la terapia transfusional por medio de hemoderivados fríos contribuye con el desarrollo de una hipotermia; las unidades de glóbulos rojos y plasma se almacenan a temperaturas entre 1-6 °C; al momento de una emergencia se administran los productos rápidamente y en cantidades grandes, y desarrollan una hipotermia. Es importante tener en cuenta que esta afectación genera múltiples efectos adversos, como vasoconstricción periférica, trastornos ácido-base, como una acidosis metabólica, trastornos en la coagulación e infecciones. Por cada 1 °C de caída de temperatura afectará la cascada de coagulación en un 10%, y se empeora la capacidad de desarrollo del coágulo.

B. Acidosis: la acidosis altera los factores de coagulación; estos se afectan en circunstancias, como por ejemplo la disminución del pH, donde una caída del pH reduce en un 90% la actividad del factor VIIa y en un 70% la del complejo protrombina factor Xa/factor Va, que es el encargado de convertir protrombina en trombina.

C. Coagulopatía: en la terapia transfusional, se altera la fisiología de los eritrocitos, plaquetas y factores de coagulación, se disminuye el número de plaquetas y se van a diluir los demás hemoderivados. Al momento de transfundir en relación 1:1:1 siempre habrá una dilución de los productos sanguíneos, ya que esto no es lo mismo que sangre total.

La transfusión con componentes sanguíneos genera reacciones adversas, y está comprobado por investigaciones que se asocia a un aumento de la morbimortalidad; debido a esto, la práctica médica se ha orientado a políticas que son más restrictivas, y a redirigir las transfusiones hacia una terapia transfusional que sea guiada por objetivos.

Este protocolo incluye la administración de hemoderivados compuestos por concentrados de hematíes, plasma y concentrados de plaquetas con una distribución al 1:1:1, añadiendo también en algunos casos concentrado de fibrinógeno.

Escalas predictivas de hemorragia masiva

1) Assessment of Blood Consumption (ABC), que maneja asignando un valor de 0 o 1 a la presencia de trauma penetrante, eco abdominal dirigido a la valoración del trauma positivo (FAST), tensión arterial sistólica (TAS) < 90 mm Hg y frecuencia cardíaca (FC) > 120 lpm (estos dos últimos a la llegada).

2) El Emergency Transfusion Score (ETS), que maneja TAS < 90 mm Hg, FAST positivo, inestabilidad clínica de la pelvis, edad, admisión desde la escena, mecanismo de lesión (accidente de tráfico o caída de más de tres metros).

3) El Trauma Associated Severe Haemorrhage (TASH) valora siete variables independientes correlacionadas con un aumento de probabilidad para TM y con diferente ponderación: TAS, hemoglobina (Hb), presencia de líquido intraabdominal, fracturas de huesos largos o pélvicas complejas, FC, exceso de base <10 o género varón.

Tabla 5.

Puntaje de TASH. Valoración de riesgo de transfusión masiva

| Variable | Valor | Puntos |
|-----------------------------------|-----------------------------------|-----------------|
| Hemoglobina (g/dL) | Menor de 7 | 8 |
| | Menor de 9 | 6 |
| | Menor de 10 | 4 |
| | Menor de 11 | 3 |
| | Menor de 12 | 2 |
| Base exceso (mmol/L) | Menor -10 | 4 |
| | Menor -6 | 3 |
| Presión arterial sistólica (mmHg) | Menor de 100 | 4 |
| | Menor de 120 | 1 |
| Frecuencia cardíaca (lpm) | Mayor de 120 | 2 |
| Extremidades | Fractura pélvica inestable | 6 |
| | Fractura fémur abierta o luxación | 3 |
| Sexo | Hombre | 1 |
| Punto de corte: | | Mayor 16 puntos |

Nota: Modificado de Sáenz (2020)

Las pruebas de laboratorio de coagulación tradicionalmente utilizadas están compuestas por el tiempo de protrombina, tiempo de coagulación activado, tiempo de tromboplastina parcial

activado, índice internacional normalizado, conteo plaquetario y fibrinógeno plasmático. Estas pruebas tienen diversas limitaciones en trastornos de la coagulación perioperatoria. No proporcionan datos sobre la formación del coágulo en tiempo real. Al ser una prueba que toma su tiempo en generar el resultado, podría no reflejar el estado actual de la coagulación del paciente, y se podrían desarrollar reacciones adversas según el manejo realizado, ya que esto puede cambiar en cuestión de minutos y no se dará el adecuado control de las coagulopatías del paciente.

De acuerdo con López (2020), el panel de pruebas de coagulación clásicas incluye tiempo de protrombina (TP), tiempo de tromboplastina parcial activado (TPTa), índice internacional normalizado (INR), Tiempo de Coagulación Activado (TCA), conteo plaquetario y fibrinógeno plasmático.

- Tiempo de protrombina: medida de la vía extrínseca de la coagulación, valora los factores VII, X, V, II o I. El TP es el tiempo en segundos que le toma al plasma coagular tras la adición de factor tisular. Derivado del TP, el INR es la relación entre el TP de un paciente y una muestra de control elevada a la potencia del valor del índice de sensibilidad internacional (ISI) para el sistema analítico utilizado. ISI relaciona un lote particular de factor tisular con uno de referencia internacional.
- Tiempo de tromboplastina parcial activada: valora las reacciones de coagulación de la vía intrínseca o de contacto y la vía de coagulación común. Una matriz 27 activada (por ejemplo, sílice, celite, caolín, ácido elágico) y calcio se mezclan en la muestra de plasma, y se mide el tiempo que tarda la muestra en coagularse. Puede prolongarse, de existir alteración de los factores XII, XI, IX, VIII, X, V, II o I 31.
- Tiempo de coagulación activado: se utiliza para medir la anticoagulación con heparina. Se basa en la capacidad de la sangre total para formar un monómero de fibrina visible en un tubo de vidrio, el cual contiene algún activador de la coagulación.
- Conteo plaquetario: medida puramente cuantitativa, no puede detectar disfunción plaquetaria preexistente, inducido por fármacos o adquirido en el perioperatorio. En general, un recuento bajo de plaquetas se asocia con un mayor riesgo de hemorragia.
- Fibrinógeno plasmático: se obtiene tras agregar grandes cantidades de trombina al plasma citratado, y el fibrinógeno se convierte en el factor limitante de la velocidad en la

coagulación. Posteriormente, se compara el tiempo de coagulación de la muestra con una de niveles conocidos de fibrinógeno (pp. 26-27).

Definición y tipos de pruebas viscoelásticas

Las pruebas viscoelásticas, como lo son la tromboelastometría (ROTEM), la tromboelastografía (TEG), son herramientas que fueron creadas para valorar la hemostasia, permitiendo monitorear la interacción entre distintos factores que participan en este proceso, incluyendo la coagulación, la interacción con el fibrinógeno, las plaquetas y el sistema fibrinolítico.

De una forma muy amplia, estas pruebas utilizan sangre entera con bajas fuerzas de flujo, y tienen la función de registrar todos los cambios cinéticos de una forma cualitativa y cuantitativa, tanto durante la formación del coágulo, como durante la lisis de este. Esto se logra con la utilización de activadores específicos del sistema de la coagulación, para reducir los tiempos de reacción y así poder ser analizados por los programas computarizados específicos de cada prueba, de una forma más rápida.

La metodología de la tromboelastografía no es algo nuevo; fue desarrollada en 1948 por el doctor Hellmut Hartert en Alemania, pero esta fue relegada como una técnica utilizada en protocolos de investigación. Posteriormente, fue retomada por equipos encargados de cirugía cardiovascular y trasplante de hígado, que vieron en esta tecnología una herramienta de gran utilidad para monitorear a sus pacientes, los que generalmente tienen un riesgo muy alto de sufrir trastornos coagulopáticos. Los avances recientes en informática e instrumentación digital han permitido simplificar el análisis de la muestra y el proceso de interpretación de resultados, reduciendo los tiempos de respuesta y, por lo tanto, un tratamiento rápido y específico para el control de la coagulopatía (Zumbado, 2018, pp. 46-47).

Hace 30 años aún no era muy utilizada, pero con los avances tecnológicos que se lograron en los ochenta comenzó a utilizarse en la práctica clínica. Hoy en día se ha convertido en una herramienta de uso rutinario, ya que ha demostrado ser de muchísima utilidad, no solo para ayudar a identificar los diferentes tipos de coagulopatía, sino que también sirven como una guía para usar

los productos sanguíneos y farmacológicos, con el objetivo de disminuir las complicaciones de las transfusiones. Específicamente, se encarga de monitorear de una forma global y dinámica los cambios que ocurren durante el proceso de coagulación en tiempo real, generando una gráfica donde se muestra la polimerización de la fibrina.

La tromboelastometría también trabaja con gráficos que se llaman temogramas; la información de estos gráficos se obtiene en tiempo real de la sangre obtenida del paciente. Utiliza una serie de parámetros, como el tiempo de formación del coágulo (CTF), tiempo de coagulación (CT), Máxima Fuerza del Coágulo (MFC), ángulo α , amplitudes a distintos tiempos A10/A20, Índice de lisis a los 30 minutos (IL30) y Máxima Lisis (ML). (López, 2018) Todos estos parámetros se explicarán con profundidad más adelante.

Diferencias entre TEG y ROTEM según técnicas y parámetros

Las pruebas viscoelásticas difieren en el equipamiento, reactivos a utilizar, parámetros e interpretación; el TEG está compuesto por una copa que es rotativa, pero hay un pin que es estacionario, y en el ROTEM sería lo contrario: una copa que es inmóvil, pero el eje del sensor gira.

Por otro lado, los reactivos difieren entre ambas plataformas, inclusive el activador de la coagulación que usa cada una. Al considerar el ROTEM delta (equipo automatizado), cada prueba se realiza en una sola unidad, utilizando cuatro canales, y las pruebas disponibles son INTEM (coagulación intrínseca con ácido elárgico), EXTEM (factor tisular desencadena la activación extrínseca), FIBTEM (citocalasina D se agrega al canal EXTEM para eliminar la contribución de plaquetas) y APTEM (se agrega aprotinina al canal EXTEM para detener la fibrinólisis). Está disponible una modificación de INTEM con la adición de heparinasa para detectar heparina en la muestra de sangre. Todos los resultados se muestran como un conjunto de curvas de coagulación y lisis denominadas temogramas, y se derivan hasta 32 parámetros, que describen la cinética de coagulación y lisis y las propiedades de la coagulación (Whiting y Dinardo, 2014).

Los dos utilizan sistemas reactivos distintos; el fibrinógeno que se utiliza en TEG es un factor tisular liofilizado y abciximab un inhibidor plaquetario; posteriormente se unirán a las

glucoproteínas IIb/IIIb, y como principal objetivo es el bloquear la agregación plaquetaria, para debilitar el coágulo por medio de la exclusión de las plaquetas al mismo. El fibrinógeno de ROTEM utiliza compuestos EXTEM (encargados de activar la vía extrínseca de la cascada de la coagulación) y FIBTEM (que inhibe la actina/miosina).

Una de las diferencias, a nivel del sistema operativo de las pruebas, es que ROTEM es un sistema más moderno, y su creación fue basada a partir de TEG. El sistema TEG es capaz de analizar dos muestras, y ROTEM cuatro muestras simultáneamente.

En la figura 1 se observa una representación de TEG; el procedimiento inicia al agregar sangre completa en una copa que posteriormente empieza a girar lentamente, se coloca un alambre en la muestra de sangre y se empezará a desarrollar un coágulo entre el sensor y la estructura. Los cambios se transmiten al alambre de torsión, y una computadora es la encargada de generar los resultados y gráficos en tiempo real de la integridad y de la cinética de la formación de coágulos.

En el caso del TEG, el sistema consta de dos cámaras, en el que se analiza la muestra por duplicado. Cada cámara cuenta con una plataforma que sostiene una copa desechable, donde se coloca la muestra de sangre y un pin suspendido en el centro. Cuando la copa oscila alrededor del pin de detección, el movimiento inducido se registra y se miden los cambios con respecto al tiempo. Al inicio de la prueba el movimiento es mínimo, porque la sangre anticoagulada posee una viscosidad mínima, y conforme la sangre coagula comienza a adherirse a la copa y al pin (Shaydakov, Sigmon y Blebea, 2020).

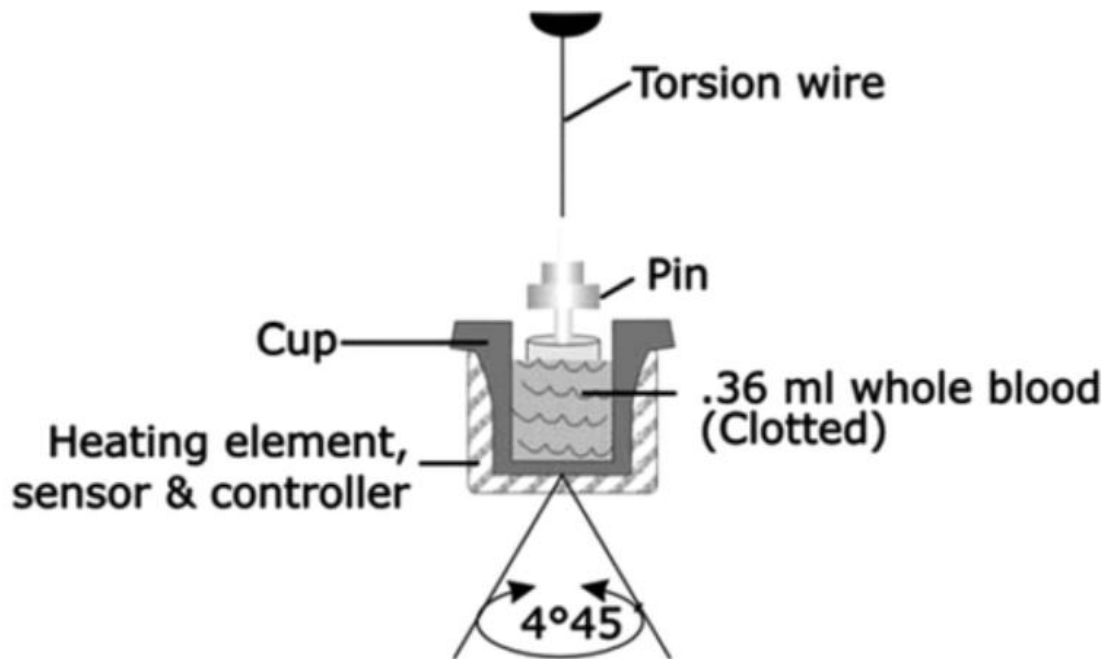


Figura 1. Representación de un dispositivo TEG. Modificado de López *et al.* (2016)

ROTEM utiliza un vaso estacionario a una temperatura de 37 ° C, donde se agrega sangre entera junto con los activadores de la coagulación; un pasador estará suspendido con un arco de 4.75 °, una vez cada seis segundos en la copa. A medida que se forma el coágulo alrededor de la clavija, la extensión de la oscilación de la clavija disminuye y los cambios en la reflectancia de la luz son capturados por un fotodetector.

Se muestra la representación de un dispositivo ROTEM en la figura 2:

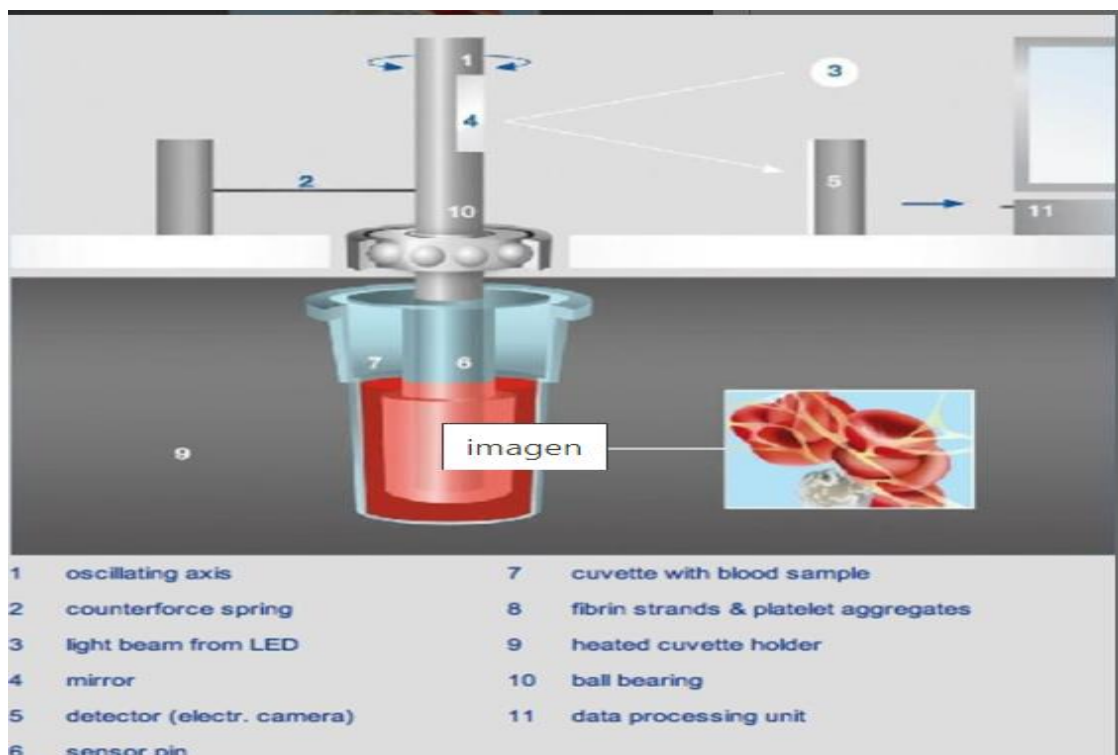


Figura 2. Representación de un dispositivo ROTEM. Modificado de López *et al.* (2016)

A nivel del funcionamiento las pruebas viscoelásticas van a diferir. En TEG el pipeteo es manual, el movimiento de copa es rotatorio, el movimiento de pasador es estacionario, el ángulo de rotación es de $4^{\circ} 45/5$ seg, la detección es por medio de transducción de pines, el control de temperatura 24-40, la regulación de la temperatura es por medio de una taza que es calentada, y el material de la copa es de polímero acrílico. Respecto a ROTEM, es caracterizada por un pipeteo automático, el movimiento de la copa es inmóvil, el movimiento del pasador es giratorio, el ángulo de rotación es de $4^{\circ} 75/6$ seg, la detección es por medio de impedancia de rotación, el control de la temperatura 30-40, la regulación de la temperatura es por un metal calentado, el interior de la taza con estrías y el material de la copa polimetacrilato de metilo.

A pesar de que estas pruebas tienen diferencias a nivel del sistema, ambas generan la misma información sobre la formación del coágulo, pero sí difieren en la nomenclatura e interpretación de los parámetros. (Véase la tabla 5).

Los parámetros difieren al momento de generar el informe: en TEG se observan en la mitad superior de la traza, mientras en ROTEM en la parte inferior.

Parámetros y anomalías detectada de la prueba TEG y ROTEM

- Tiempo de coagulación, Clotting Time -CT- (TEM inicio del coágulo dado por el tiempo de reacción), R en TEG y en ROTEM por medio de Connecticut: su alteración se asocia a déficit de factores, inhibidores, hipofibrinogenemia grave o aumento de la generación de trombina, coagulación intravascular precoz. El tiempo de coagulación traza la prontitud de inicio de la formación de fibrina, que es la medida de la velocidad de trombina. Este tiempo incluye el tiempo desde que se inicia la prueba con la agregación del activador de la coagulación, hasta que se alcanza una amplitud de 2 mm. Si el tiempo R se prolonga, el tratamiento será darle plasma fresco congelado, ya que ellos contienen todos los factores de la coagulación y, además, tienen la capacidad de reemplazar volumen, sin producir hemodilución. Por el contrario, si este tiempo se acorta es por hipercoagulabilidad, como en el caso de CID; entonces el tratamiento aquí consiste en la aplicación de anticoagulantes. Por lo tanto, este tiempo de coagulación, clotting time, depende de factores de la coagulación y de anticoagulantes. El tiempo normal es de cuatro a ocho minutos. Sin embargo, los tiempos pueden variar si se agrega kaolin como activador, o si solo se utiliza sangre entera sin activadores.
- Tiempo de formación del coágulo, Clot Formation Time -CFT- (ROTEM) o tiempo de apertura, K (TEG): este tiempo se aumenta cuando hay un incremento de la función plaquetaria y de fibrinógeno; por el contrario, se acorta cuando disminuyen y no hay déficit de proteínas de la coagulación, antiagregantes plaquetarios o anticoagulantes. Los factores que repercuten esencialmente son la cantidad de plaquetas y su contribución al coágulo. Este involucra el tiempo entre 2mm y 20 mm de amplitud de la señal de la coagulación, es decir, inicia donde termina R. Su importancia en la práctica clínica radica en tomar la mejor decisión, y en este caso aplicar plasma fresco congelado, crioprecipitado y/o concentrado de fibrinógeno.
- La cinética del coágulo se observa por medio de tiempo K y ángulo α en TEG, en ROTEM por CFT y el ángulo α , la anomalía asociada es hipofibrinogenemia, trombocitopenia, inhibidores e hiperfibrinogenemia, coagulación intravascular temprana. Un ángulo alfa disminuido implica un estado de hipocoagulación.

- La fuerza o firmeza del coágulo se representa por MM en TEG y en ROTEM por MCF (Maximina Clot Firmness); su alteración se asocia a trombocitopenia, inhibidores, hipofibrinogenemia y trombocitosis, hiperfibrinogenemia, coagulación intravascular temprana. Los elementos que influyen en esta variable son el fibrinógeno y las plaquetas, en función de concentración y capacidad para polimerizar, FXIII, presencia de fibrinólisis. Este criterio se refiere específicamente a la calidad como tal del coágulo, es decir, indica la amplitud máxima de este hasta que comience a lizarse y caiga su firmeza. Si este parámetro se encuentra aumentado, podría ser a razón del estado de hipercoagulabilidad; por el contrario, si su valor es inferior al normal, implica un alto riesgo de sangrado. En la práctica clínica, los hemocomponentes que se le deben administrar al paciente serían: concentrado, crioprecipitado o plasma fresco congelado.
- Valores A(X) ([mm]): los valores A(x) representan la firmeza del coágulo. Un valor A(x) es la amplitud después de un cierto tiempo x después de CT (por ejemplo: A10 después de 10 min). Factores influyentes: plaquetas, fibrinógeno (concentración, capacidad de polimerizar), F XIII. Tienen la misma utilidad clínica que la MCF, y han demostrado ser buenos predictores de la misma, permitiendo tomar decisiones terapéuticas precozmente (López, 2016, p. 322).
- La lisis de coágulos se analiza por el parámetro LY30 en TEG y en ROTEM por LI30; una alteración de este puede deberse a la liberación de activador del plasminógeno tisular o deficiencia grave de factor XIII o una parada de fibrinólisis. Este parámetro representa la fibrinólisis 30 minutos después de CT. Si este valor está anormal, lo que indica es un estado de hiperfibrinólisis; por tanto, el tratamiento será orientado a terapia antifibrinolítico.

Tabla 6.*Comparación de los parámetros del TEG y ROTEM*

| Parámetros | TEG | ROTEM |
|-----------------------|--------------|----------------------------|
| Tiempo de coagulación | R | CT |
| Cinética del coágulo | K | CFT |
| Ángulo alfa | Entre r y K | Tangente a 2mm de amplitud |
| Fortaleza de coágulos | MA | MCF |
| Lisis del coágulo | LY 30, LY 60 | CL30, CL60 |

Nota: Elaboración propia extraído de Zumbado (2018).

Tabla 7.*Parámetros de ROTEM*

| Parámetro | Unidad | Definición | Información |
|--|---------------|---|---|
| <i>Inicio de la formación del coágulo. Parámetros de activación de la coagulación y polimerización de la fibrina.</i> | | | |
| CT | Segundos | Tiempo, desde el inicio de la prueba hasta que la firmeza del coágulo alcanza una amplitud de 2 mm. | Actividad de los factores de coagulación, generación de trombina, influencia de anticoagulantes |
| CFT | Segundos | Tiempo entre 2 mm y 20 mm de amplitud de firmeza del coágulo | Formación de fibrina, contribución primaria de las plaquetas |
| <i>Parámetros de firmeza del coágulo</i> | | | |
| A(x) | Milímetros | Amplitud de firmeza del coágulo por minuto después del CT | Contribución de la fibrina y plaquetas |
| MCF | Milímetros | Amplitud máxima de firmeza del coágulo alcanzada durante la medición | |
| <i>Estabilidad del coágulo. Parámetros de lisis de coágulo</i> | | | |
| LI | % | Firmeza del coágulo residual a 30/60 minutos después del CT, descrita como % de la MCF | Fibrinólisis |
| ML | % | Lisis máxima detectada durante la corrida y descrita como de la MCF | |

Nota: López (2020).

En Costa Rica, hay un total de siete hospitales en los que se encuentran disponibles las pruebas viscoelásticas. El Hospital México es el único centro que utiliza TEG. El resto de los centros (Hospital San Juan de Dios, Hospital Dr. Calderón Guardia, Hospital Max Peralta, Hospital de Guápiles, Hospital Monseñor Sanabria y Hospital Nacional de Niños) utilizan la tecnología ROTEM sigma0 con la excepción de que el Hospital Nacional de Niños utiliza el ROTEM delta por el volumen de la muestra pediátrica (Calvo, 2021).

Usos de las pruebas viscoelásticas

Estas pruebas no solo se utilizan en caso de emergencias o en sangrados masivos, sino también para controlar distintos escenarios que son de gran utilidad en los centros hospitalarios, para la monitorización de la coagulación del paciente; por lo tanto, es importante mencionarlas. Sin embargo, esta tesis de revisión bibliográfica se enfoca en los servicios de emergencias y en el sangrado masivo. Entre las utilidades se encuentran las siguientes:

- En cirugías de cualquier índole que generen alto riesgo de sangrado, como por ejemplo en reemplazos articulares y trasplantes, cirugía cardíaca y vascular.
- Traumas severos.
- Evaluación y seguimiento de terapias con anticoagulantes, como lo son la warfarina, las heparinas fraccionadas y no fraccionadas.
- Estudio de la coagulación de los pacientes antes de ser llevados a algún procedimiento.
- Evaluación de la reversión de la heparina con protamina.
- Seguimiento exhaustivo de los pacientes en servicios de emergencias, que han sido víctimas de traumas.
- Monitorización en pacientes que se encuentran en unidades de cuidados intensivos.
- En el campo de la gineco-obstetricia, han permitido diagnosticar ciertas patologías asociadas al embarazo, como la preeclamsia, y también han demostrado ser útiles para medir el riesgo de aborto a repeticiones.

Causas más frecuentes de sangrado masivo y el uso de TEG y ROTEM en estos escenarios

Existen una infinidad de causas que pueden generar sangrados masivos; esto conlleva una elevada morbilidad y un elevado consumo de recursos en la transfusión masiva. Evidentemente,

en esta tesis de revisión bibliográfica no se van a mencionar todos los escenarios, pero sí los dos más frecuentes, los que ponen en peligro la vida y los que llegan al servicio de emergencias.

Según Fondevila y Marun (2016), con respecto a los sangrados críticos, los escenarios más frecuentes donde se puede producir un sangrado crítico son el trauma, la cirugía del trauma, la cirugía cardiovascular (rotura de aneurisma de aorta abdominal y de los grandes vasos, trasplante cardíaco), el trasplante hepático y la obstetricia.

Las transfusiones sanguíneas han sido consideradas salvadoras de vidas a escala mundial, con una utilidad creciente en cuanto a los distintos hemocomponentes empleados en la actualidad en los diferentes centros asistenciales. La Organización Mundial de la Salud (OMS), refiere que, anualmente, se recaudan 108 millones de unidades de sangre en todo el mundo, siendo la mitad correspondiente a países desarrollados. Indica que el uso de las transfusiones sanguíneas varía en cuanto al país, de manera que en países subdesarrollados son ampliamente indicadas en complicaciones del embarazo, áreas de traumatología y anemias graves, mientras que en los países de altos ingresos se destinan a intervenciones quirúrgicas complejas (Castellón, 2020, p. 7).

Como un dato importante, tanto en Costa Rica como a nivel mundial, las principales causas de muertes en adultos y adolescentes son el sangrado en politraumatizados y el sangrado obstétrico.

Trauma

El traumatismo y los accidentes corresponden a una de las causas de mayor mortalidad causada por hemorragia masiva, no solo en Costa Rica, sino también a nivel mundial, según los porcentajes de los estudios y artículos consultados que se mostrarán más adelante. La evidencia indica que muchos de ellos mueren en el sitio del evento traumático a causa de la hemorragia, y otro porcentaje alto fallece en el hospital por la misma razón. Esta situación indica que las personas lesionadas requerirán una gran cantidad de transfusión de hemocomponentes y aplicación de medicamentos para poder sobrevivir. Por lo tanto, esta transfusión debe ser la más eficaz posible, para brindarle un tratamiento óptimo al paciente.

A nivel mundial, el trauma es la causa principal de muerte. Al menos un tercio y hasta el 60% de los pacientes con trauma sangra: la mitad necesitará una transfusión. Dependiendo del escenario,

el 3% del trauma civil y hasta el 10% del trauma militar tendrán sangrado masivo, y esta condición importa una exigencia mayúscula para el banco de sangre: el 80% del total de hemocomponentes utilizados se consumirá en las primeras seis horas de la resucitación. La mortalidad de los pacientes con sangrado trepa al 30-60%, y la hemorragia es responsable del 40% de esas muertes. La hemorragia es la segunda causa de muerte en la escena (solo precedido por el daño del SNC), la primera entre aquellos que viven lo suficiente como para llegar al hospital y la primera en el quirófano. Hasta el 80% de las muertes en las primeras horas intrahospitalarias se deberá a hemorragia, y dos de cada tres se producirán en las primeras seis horas (Fondevila, 2019, p. 213).

Es muy característico que el paciente politraumatizado desarrolle una coagulación intravascular diseminada, debido a que se produce una lesión tisular en el trauma con una exposición de la tromboplastina tisular subendotelial, desarrollándose así una disfunción orgánica múltiple y, por ende, asociada a la triada de la muerte: coagulopatía, acidosis e hipotermia, siendo esta la mayor causa de muerte.

La restauración de la volemia, del transporte de oxígeno y la corrección de la coagulopatía son una manera de prevenir las complicaciones en estos pacientes, mediante el aporte precoz de todos los hemoderivados, la hipotensión permisiva, el aporte controlado de cristaloides y la corrección de la hipotermia y la acidosis (Molina *et al.*, 2015, p. 96).

Coagulopatía aguda inducida por trauma

La coagulopatía es la consecuencia más adversa relacionada con la hemorragia masiva. Los pacientes con traumatismos graves, y también los sometidos a gran cirugía, tienen comprometida la integridad de su endotelio vascular.

De acuerdo con la doctora Calvo (2021): desde 1946 un desorden hemostático fue reportado en pacientes en estado de shock, hemorragias, quemaduras, paro cardíaco, atravesando alguna cirugía mayor, y a esta condición se le dieron varios nombres diferentes, como tendencia severa al sangrado (McFarlane *et al.*, 1946), síndrome de desfibrinación (Stefanini, 1972), desorden de consumo (Stefanini, 1972) o coagulación intravascular difusa con fibrinólisis (Gando *et al.*, 2013). En el año 2003, Brohi *et al.* introdujeron por primera vez el término coagulopatía traumática aguda (ATC); posteriormente, en el 2008 Hess *et al.* empezaron a usar el término coagulopatía aguda del trauma o shock (ACoTs). En el presente texto se usará el término coagulopatía inducida por trauma,

o TIC por sus siglas en inglés, que ya ha sido usado en varias publicaciones (Gando y Hayakawa, 2016; Kornblith *et al.*, 2019; Peng y Su, 2017) (p. 7).

Aproximadamente, un 25 % de los pacientes que sufren eventos traumáticos severos desarrolla el fenómeno de la coagulopatía aguda traumática (ATC), que se manifiesta aproximadamente 30 minutos después del evento traumático. La ATC también es llamada coagulopatía inducida por trauma (TIC).

“La TIC puede definirse básicamente como la reducción funcional de la fortaleza del coágulo con cambios mínimos en los tiempos de coagulación” (Román *et al.*, 2017, párr. 7).

Su alteración se da principalmente en dos áreas: una de ellas en el coágulo, produciendo debilitamiento de este, y también en los tiempos de la coagulación. Generalmente, lo que se encuentra más alterada es una disminución en el tiempo de protrombina (PT) de plaquetas y del tiempo de tromboplastina parcial activado (TTPA), y este último es un poco menos frecuente que los dos primeros.

De acuerdo con Molina *et al.* (2015), el sangrado, la hipotermia, la acidosis y la hipotensión favorecen la coagulopatía, que genera mayor sangrado con hipoperfusión e hipoxia tisular, prediciendo un riesgo de mortalidad del 80-90%, condicionando un ciclo que genera mayor sangrado, conllevando al aumento de la reposición con cristaloides y coloides que diluyen los factores de la coagulación (p. 97).

Se plantea que la ATC tiene su origen en la combinación de lesión e hipoperfusión tisular. Se caracteriza por anticoagulación generalizada e hiperfibrinólisis, y puede potenciarse por la pérdida mantenida de sangre, la hipotermia, la acidosis y la hemodilución (Torres, 2017, párr. 9). También está íntimamente relacionada con la producción en cantidades excesivas de trombomodulina soluble y de trombina, que al final lo que indican es daño endotelial.

Generalmente, cuando el cuerpo se encuentra en acidosis, la trombina toma un camino diferente y se une con la trombomodulina, generando un exceso de proteína C activada. Esta proteína es súper importante en ATC, porque inhibe los factores Va y VIIIa, y esto va a producir una anticoagulación sistémica, favoreciendo así la hemorragia masiva. Se debe resaltar que la trombina tiene dos funciones, una procoagulante y otra anticoagulante, y según las sustancias que la estimulen, así va a ser su desempeño.

La fisiopatología aún se sigue investigando porque no está ciento por ciento clara; lo que dicen los estudios es que debe existir una acidosis severa para que se produzca la coagulopatía.

La activación endotelial de la proteína C (PC) parece ser un elemento central en el surgimiento de la ATC. El sistema de esta proteína está implicado en las respuestas inflamatorias e inmunes del organismo, además de su conocida función en la hemostasia. Los bajos niveles de FV, el incremento plasmático de la trombomodulina y la rápida depleción en los niveles de PC asociados a la lesión tisular acompañada de shock, sugieren la activación de la vía de esta proteína durante tales situaciones. Existen trabajos que demuestran una relación directa entre la degradación de la glicocálix endotelial y la hipoperfusión tisular, y que dicha degradación puede disparar, además, los fenómenos de generación de trombina e hiperfibrinólisis (Torres *et al.*, 2017, párr. 10).

El calcio también es un electrolito indispensable para que la hemostasia funcione adecuadamente; cuando se produce una hipocalcemia, podría contribuir a que el sangrado masivo empeore.

En cuanto al tratamiento de la ATC o TIC, sería de mucha ayuda el uso de estudios de coagulación más específicos como las PV, debido a que este evento se da por una hiperfibrinólisis e hipocoagulabilidad que se potencia con la hemodilución y pérdida de sangre. Colocarle a un paciente el protocolo 1:1:1 no sería tan adecuado en este escenario, ya que, al momento de agregarle suero fisiológico o solución salina, el cuadro clínico se va agravar porque se empeora la acidosis.

Es importante destacar que la fibrinólisis, que tiene el paciente con trauma grave, se presenta desde el inicio, y es completamente fulminante, es decir se produce 30 minutos posteriores al trauma, y por esto se asocia a una alta mortalidad. A veces, en ciertos casos se instaura de una forma más tardía, pero cuando esto sucede es porque el paciente ya se encuentra en la etapa de resucitación final, pero aun así se asocia a mucha mortalidad.

Esta coagulopatía no se evidencia muy bien en los laboratorios de rutina, ya que los marcadores de hiperfibrinólisis o de la activación de la de la vía trombina-trombomodulina-PC no se reflejan en estas pruebas. Pero, a diferencia de TEG y ROTEM, sí ponen en evidencia la fibrinólisis que ocurre en este fenómeno. Incluso, las pruebas son tan eficientes que se puede detectar esta fibrinólisis de una forma precoz en un alto porcentaje de pacientes, aproximadamente en un 10% de ellos, y se dice que pacientes con un ISS (Injury Severity Score o

escala de severidad de lesiones) mayor a 16 van a tener fibrinólisis al momento del ingreso al servicio de emergencias; estos pacientes mueren más y se mueren de sangrado.

En ocasiones, un resultado normal de las pruebas obliga a reconsiderar una causa orgánica de sangrado. Las pruebas viscoelásticas no dan información sobre la participación del endotelio, del factor von Willebrand o la presencia de antiagregantes (excepto los anti-GPIIb IIIa).

Según Imhoff *et al.* (2016), ROTEM ha sido evaluado en traumatología, principalmente a través de un trabajo observacional retrospectivo o prospectivo. Por tanto, el nivel de prueba sigue siendo relativamente bajo. Schochl y cols. sugirieron, en un primer trabajo, que el uso de ROTEM combinado con factores de coagulación mejoró la supervivencia del paciente, en comparación con una puntuación predictiva de mortalidad (TRISS). El mismo equipo demostró que, al comparar pacientes tratados con concentrados de factor guiados por ROTEM, con los pacientes tratados con hemoderivados lábiles guiados por la biología estándar, se redujo significativamente el uso de PSL, pero también la incidencia de falla orgánica múltiple, sin modificar la supervivencia (p. 4).

En un trabajo reciente, un equipo italiano confirmó la reducción en el uso de hemoderivados lábiles, significativamente con una disminución en los costos asociados de más del 23%, pero aún sin modificar la supervivencia. El problema con todos estos estudios, pero lo que también se puede ver como una ventaja, es que combinan el uso de ROTEM con el de los concentrados de factores, lo que dificulta saber qué es lo más importante en última instancia. Se espera que el trabajo aleatorizado europeo comience pronto, con la comparación de la biología estándar con ROTEM utilizando PSL en la misma proporción inicial.

Respecto al TEG, el trabajo retrospectivo en 1974 en pacientes mostró que la TEG podría reemplazar perfectamente los exámenes de biología estándar. Es importante destacar que, en un trabajo reciente y aleatorio, se ha demostrado que el uso de TEG, en comparación con la biología estándar, se acompañó de una mejora en la supervivencia del paciente a los 28 días, sin que esto se asocie con un cambio en el consumo de PSL a las 24 horas, excepto para los crioprecipitados (paradójicamente más importante en el grupo de biología estándar). Como máximo, se puede notar un mayor consumo de PFC y de plaquetas en el grupo de biología estándar en las primeras horas. Para los autores, este resultado se relaciona principalmente con una disminución de la mortalidad

vinculada a hemorragias y una disminución de la mortalidad temprana. También se observó una reducción en la duración de la estancia hospitalaria en cuidados intensivos, y un aumento en el número de días sin respirador.

Sangrado obstétrico

En un embarazo normal existen varios cambios fisiológicos; por ejemplo, se aumenta el gasto cardiaco en la octava semana de gestación a más del doble, y en trabajo de parto incluso se incrementa más de un 34%. El volumen total también aumenta, la volemia es total, y esto genera un estado de hemodilución.

Además, se encuentran es un estado de hipercoagulabilidad debido a niveles elevados de fibrinógeno en la semana 28 y del factor VIII, entre otros, dando trazados en TEG/ TEM con R, CT y CFT acortados, y AM y MCF aumentadas en comparación con una mujer no embarazada.

La hemorragia postparto (HPP) es la causa principal de mortalidad materna a nivel mundial, con la embolia de líquido amniótico (AFE) como causa menos frecuente (29). La HPP es definida comúnmente como la pérdida de sangre en un volumen ≥ 500 mL luego del nacimiento del bebé por parto natural, o de un volumen ≥ 1000 mL luego de una cesárea (López, 2018, p. 288).

Otros autores definen la hemorragia obstétrica como pérdida >2.500 ml de sangre, y se asocia a una morbilidad significativa, a la necesidad de ingreso en unidades de pacientes críticos y a la realización de una histerectomía obstétrica. Otras definiciones incluyen: una caída de la concentración de hemoglobina ≥ 4 g/dl, la necesidad de transfusión de cinco o más unidades de Concentrado de Hematíes (CH), o la necesidad de tratar una coagulopatía, o realizar un procedimiento invasivo para su tratamiento (Guasch y Gilsanz, 2016, p. 299).

Además, se debe tomar en cuenta que en diversas ocasiones las mujeres presentan estos sangrados obstétricos debido a un problema secundario, tal como la acidosis, que llega a producir que ciertos elementos de la cascada de la coagulación disminuyen su actividad hasta en un 90%. Y si se instala la hipotermia, se provoca una alteración o disfunción plaquetaria.

También las laceraciones y los hematomas siempre son causados por traumas durante el parto; esto podría generar una pérdida significativa de sangre. Procedimientos tales como la episiotomía

deberían limitarse lo más que se pueda, porque aumenta el riesgo de pérdida de sangre y desgarros del esfínter anal; este procedimiento es necesario solo cuando es un parto urgente y se considere que el perineo es un factor limitante.

Como otro punto importante se encuentran los defectos en la coagulación, como un factor predisponente para que la paciente presente hemorragias masivas durante el parto. Se debe sospechar sobre esto en aquellas pacientes que no responden al tratamiento en el postparto por el sangrado. También se debe valorar cuál es el estado de salud preexistente de una mujer, como por ejemplo si tiene una anemia severa o alguna patología cardiaca; con el simple hecho de tener pérdidas de 200 mL ya esto podría representar un peligro para la vida.

De acuerdo con Evensen, Anderson y Fontaine (2017), la taquicardia puede ser el primer signo de hemorragia posparto. La ortostasis, la hipotensión, las náuseas, la disnea, la oliguria y el dolor en el pecho pueden indicar hipovolemia por hemorragia significativa. Si se diagnostica un sangrado excesivo, la mnemónica de las cuatro T (atonía uterina [tono]; laceración, hematoma, inversión, ruptura [trauma]; tejido retenido o placenta invasiva [tejido]; y coagulopatía [trombina]) pueden usarse para identificar causas específicas (párr. 10).

Al considerando que el flujo placentario al término del embarazo excederá los 500 ml/min, y sumando el trauma del parto, las condiciones medioambientales de pobreza, desnutrición y anemia maternas, se entiende por qué la obstetricia es otra situación donde el sangrado masivo es una posibilidad cierta. El sangrado partal es responsable de un tercio de las muertes maternas del mundo.

La literatura evalúa las complicaciones hemorrágicas en pacientes obstétricas, sugiriendo que las PV pueden generar una terapia transfusional mucho más individualizada, revirtiendo la coagulopatía y evitando el uso de grandes volúmenes de, por ejemplo, PFC, plaquetas, crioprecipitados, ya que aproximadamente el 1% de las mujeres que realizan parto natural requieren transfusiones, pero ese porcentaje aumenta al 5% o al 6% en aquellas a quienes se les hace cesárea.

Al tener tiempos de análisis menores que las PC, su utilización como POC se ha incrementado en la población obstétrica.

Así mismo, un estudio reportó como resultado de sus investigaciones que la utilidad clínica del fibrinógeno, como biomarcador para progresión hacia hemorragia obstétrica, se ve limitada por

su baja disponibilidad, por el tiempo de obtención del resultado a partir de la toma de la muestra (60 minutos) y que la tromboelastometría ofrece una opción a este problema, ya que al agregar diferentes activadores de la coagulación, que funcionan como catalizadores, se agilizan los procesos químicos y se optimiza el tiempo de obtención de resultados, constituyendo así al FIBTEM A5 (amplitud después de cinco minutos de formación del coágulo), como el biomarcador temprano para predicción de hemorragia obstétrica más importante disponible. Este mismo autor menciona que en su investigación las embarazadas con fibrinógeno de 2 a 2.9 g/L o FIBTEM de 10 a 15mm tienen una alta proporción de pérdidas hemáticas mayores a 2500 mL y una alta frecuencia de transfusiones o procedimientos invasivos, todo lo cual se ve incrementado en mujeres con fibrinógeno por debajo de 2 g/L o FIBTEM menor a 10mm (Pérez, Briones y Rojas, 2015, p. 574).

De acuerdo con Guasch y Gilsanz (2016), el correcto reconocimiento de una HMO es vital, tal como ocurre en otras hemorragias masivas, ya que el retraso se acompaña de acidosis metabólica, hipotermia, coagulopatía y anemia, combinación que puede ser letal. Se recomienda, con un elevado grado de evidencia, la corrección de estos factores en la hemorragia masiva (p. 301).

La administración de complejos protrombínicos, rFVIIa y ATX (ácido tranexámico) puede simultáneamente limitar la administración de hemocomponentes, y revertir la coagulopatía en pacientes obstétricas en shock, y el uso de PV como guía del manejo de estos productos puede evitar complicaciones tromboticas post-resucitación, debido al uso de los mismos (López, 2018, p. 288).

Tomar decisiones de una forma temprana es muy importante, a causa de que en esta fase aguda es el momento idóneo para brindarle el tratamiento al paciente, ya que cuanto más pase el tiempo, el paciente va a empeorar cada vez más, hasta el punto de llegar al no retorno y lamentablemente producirle la muerte.

Los test rutinarios de coagulación son los métodos más frecuentes de monitorización de la hemostasia en una HMO. Estas pruebas son muy lentas en una situación tan dinámica como es un episodio de HMO. Además, la sensibilidad de estas (TP, aPTT) puede no ser la más adecuada. (Guasch y Gilsanz, 2016, p. 300).

Beneficios del uso de las pruebas viscoelásticas en el sangrado masivo, en comparación con las pruebas convencionales

Las pruebas viscoelásticas tienen múltiples beneficios al momento de estar con un paciente con problemas hemostáticos; acerca de estas ventajas se hablará detalladamente en este trabajo de revisión bibliográfica, y sobre su importancia para el manejo del sangrado masivo en los servicios de emergencia.

Grosso modo, se puede definir que el beneficio más importante de estas pruebas (PV) es el poder visualizar y medir las fases de la coagulación del paciente, incluyendo las fases de propagación, estabilización y disolución del coágulo formado, permitiendo así evaluar la funcionalidad en tiempo real, característica que no poseen las pruebas convencionales.

Las PV son tan beneficiosas que generan resultados en un periodo de diez minutos, mientras que las pruebas convencionales como TTPA y TP, aunque se utilizan, tardan entre 30 y 45, lo que implica mucho tiempo para tomar una decisión para un paciente en fase aguda. Los resultados en tan corto tiempo que ofrece la tecnología de las pruebas, favorecen la toma de decisiones con mayor precisión, y por lo tanto, con mejores resultados.

Los beneficios de tromboelastometría rotacional, según Zamper, Chaves, Villares da Costa, Takaoka y Serpa (2017): ROTEM se utiliza como una guía para el reemplazo de producto de la sangre en pacientes con signos de coagulopatía y sangrado de origen no quirúrgico, siempre que la temperatura, pH de la sangre y los niveles séricos de calcio estén dentro de los valores de normalidad. Se cree que la tromboelastometría rotacional es una herramienta prometedora para la evaluación y el tratamiento de los estados híper e hipocoagulables asociados con el sangrado durante los procedimientos quirúrgicos mayores, como el trasplante de hígado (párr. 10).

Se ha demostrado que las PV ahorran costos, y son más efectivas que las pruebas de laboratorio convencionales en pacientes con trauma y pacientes sometidos a cirugía cardíaca, porque permiten transfundir los hemocomponentes necesarios sin desperdicios, escenario que sí sucede en los protocolos 1:1:1, donde no tienen monitorización en tiempo real del paciente.

La tromboelastometría rotacional es una herramienta para el manejo dirigido e individualizado de la coagulopatía, que ofrece la ventaja de reducir el número de transfusiones, porque indica el momento indicado cuando se debe parar, mientras que con las pruebas convencionales en muchas ocasiones se transfunde de más, generando un gran desperdicio.

Al permitir la reducción de transfusiones, también se va a reducir en mayor porcentaje la probabilidad de presencia de complicaciones y, por ende, una reducción en la morbilidad y mortalidad post transfusión.

Permiten un diagnóstico rápido y certero, al monitorear en tiempo real al pie de cama, mientras que las pruebas convencionales ofrecen un diagnóstico más tardío.

Una de las principales ventajas del uso de las PV es identificar y reconocer alteraciones tanto hematológicas como de la coagulación, es decir, permiten diagnosticar trastornos como la hipercoagulabilidad hasta la hipocoagulabilidad, facilitando la estrategia terapéutica adecuada para el paciente, mientras que con las PC a veces el personal médico no se percata de esta variación, generando una magnificación del trastorno, aplicando el protocolo 1:1:1.

Las PV permiten dar una terapia más individualizada, mientras que los test de laboratorio no.

En el campo obstétrico, al ser uno de los escenarios más frecuentes donde las mujeres requieren transfusiones, ya que estadísticamente el 1% de los partos normales y el 6% de partos por cesárea van a requerir de hemocomponentes, el uso oportuno de las PV puede permitir que se administren otros tipos de complejos protrombínicos para revertir la coagulopatía y, de esta forma, lograr limitar la administración de hemocomponentes. En este caso se observan dos beneficios: el primero es que se limita el uso de hemocomponentes, y el segundo es que se logran reducir las complicaciones post-resucitación. Con las pruebas de laboratorios esto simplemente no es posible, porque tardan demasiado en dar un resultado; por lo tanto, en los centros que no cuenten con TEG o ROTEM tendrán que utilizar el protocolo convencional, y con esto las complicaciones trombóticas.

En los pacientes politraumatizados, y por las condiciones especiales que estos presentan, la urgencia en la toma de decisiones por parte del personal médico es muy importante, pero también es todo un reto. Los exámenes de rutina, que se utilizan para valorar la coagulación, evidentemente no han demostrado ser los más eficientes para monitorizar a estos pacientes, debido a que duran muchísimo, y cuando el objetivo es la terapia transfusional rápida, las PV son la mejor opción, ya que una de las causas de las coagulopatías es la hemodilución y la pérdida sanguínea. En el momento que se resucita con GR, cristaloides y coloides, se va a generar una mayor dilución de los factores de la coagulación, y contribuir de forma negativa a la coagulopatía, produciendo mayor dilución. Es por esto que aquí se observa otro beneficio de las PV, porque logran minimizar este efecto de hemodilución, aportando la información del hemocomponentes que el politraumatizado necesita, facilitando así su recuperación.

El fibrinógeno ha sido utilizado como biomarcador para la progresión de hemorragia obstétrica, pero se ve limitado por su baja disponibilidad en el tiempo de obtención de resultados y la toma de la muestra, lo que dificulta la toma de decisiones a tiempo. Esto no sucede con la tromboelastografía, donde en alrededor de 15 minutos o menos es posible evidenciar el nivel de actividad. Además, este análisis deja evaluar otro parámetro, la trombocitopenia, evaluando la funcionalidad de las plaquetas junto con la del fibrinógeno y la interacción de ambas (Zumbado, 2018, p. 58).

La tromboelastografía también permite evidenciar, cuando las pacientes obstétricas están bajo un tratamiento tromboprolifáctico, como la heparina, al agregar inhibidores de esta, que están disponibles en las modificaciones presentes en la tromboelastografía, y que pueden ser pasadas paralelamente al ensayo normal. Esto es importante en los casos en los que una paciente ingresa de emergencia a un centro médico y debe ser anestesiada e intervenida quirúrgicamente, sin datos médicos completos de su estado previo.

Reacciones adversas postransfusionales agudas

Cuando se realiza una transfusión, se deben tomar en cuenta los factores riesgo-beneficios. Siempre tomando en consideración los riesgos biológicos, se pueden definir como una reacción adversa aquellas que ocurre como una respuesta indeseable, que manifiesta el paciente una vez que

se haya administrado el hemocomponente. Estas reacciones pueden ser tardías, y se manifestarán semanas o años después. Las tempranas que se presentan al momento de la transfusión, o dentro de las 24h, esto es según el tiempo de presentación, y de acuerdo con el origen se clasifican en inmunológicas y no inmunológicas.

La severidad de las reacciones adversas va a variar según la cantidad de hemocomponente, del tipo, del paciente y de la respuesta inmunológica que vaya a presentar.

Aproximadamente, entre un 2-3% de los pacientes transfundidos pueden experimentar algún tipo de efecto adverso. Las reacciones transfusionales mortales son raras y causadas casi siempre por incompatibilidad ABO, y secundariamente por antígenos de otros sistemas sanguíneos. Por tanto, aunque la mortalidad no es elevada, la morbilidad puede ser bastante significativa, y complicar el curso de los pacientes con enfermedades graves (Castellón, 2020, p. 30).

A pesar de existir distintos tipos de complicaciones, este apartado se enfocará específicamente en las reacciones agudas de origen inmunológico, que son las que se manejan principalmente en los servicios de emergencias.

Reacciones adversas agudas

Ocurren dentro de las 24h después de la transfusión. Estas reacciones, al ser agudas, van a presentar síntomas y signos en general como fiebre, taquicardia, hipo o hipertensión, urticaria, taquicardia, distress respiratorio, taquipnea y dolor muscular.

Tabla 8

Clasificación de las reacciones adversas agudas

| Origen inmunológico | Origen no inmunológico |
|--------------------------------|-------------------------------|
| Reacción alérgica. | Hemosiderosis transfusional. |
| Reacción febril no hemolítica. | Transmisión de priones. |

| | |
|---|-----------------------------------|
| Reacción hemolítica aguda. | Reacciones hipotensoras. |
| Lesión pulmonar aguda relacionada con la transfusión (LPART/TRALI). | Contaminación bacteriana. |
| | Sobrecarga circulatoria. |
| | Disnea asociada a la transfusión. |

Nota: Elaboración propia (2021)

Agudas de origen inmunológico

Estas se clasifican como inmunológicas, pues suceden cuando el cuerpo se expone a antígenos que están en los hemocomponentes, y se produce una destrucción de plaquetas, por la activación del sistema del complemento.

- **Reacción febril no hemolítica:** se puede identificar como la reacción adversa más frecuente que presentan los pacientes. Esto se da cuando la temperatura corporal aumenta a más de 1° C. Fisiopatológicamente, lo que sucede es la presencia de citoquinas en el producto sanguíneo, y esto es más frecuente en la unidad de las plaquetas, ya que son almacenadas a temperatura ambiente. La clínica que se presenta es de escalofríos, vómitos y un malestar en general.
- **Reacción hemolítica aguda:** es el efecto adverso más grave asociado a la transfusión. Esta reacción se da porque sucede una hemólisis, por una reacción de los anticuerpos del paciente receptor con los antígenos de los GR del donador. Es causada principalmente por incompatibilidades del grupo ABO y por errores en la identificación en las fases de la cadena transfusional (no cumplen con el protocolo de transfusión, errores en la transfusión del hemocomponente, error en la toma de la muestra pretransfusional, errores técnicos). Clínicamente, el paciente presenta: sangrado, disnea, shock, escalofríos, fiebre y dolor torácico, e incluso en ocasiones puede presentar CID. En cuanto a las pruebas de laboratorios, se encuentran elevados la deshidrogenasa, el plasma, la hemoglobina

libre junto con una hiperbilirrubinemia no conjugada, y hay una disminución de la haptoglobina sérica. En este caso, se debe interrumpir inmediatamente la transfusión.

- Reacción alérgica: esta reacción también es bastante frecuente, junto con la reacción febril no hemolítica; lo que ocurre en el paciente receptor de la transfusión es una reacción de IgE contra las proteínas plasmáticas del donador; en otras palabras, lo que ocurre es una reacción de hipersensibilidad tipo 1. Clínicamente, tiene distintas formas de presentación; sin embargo, las más frecuentes son las leves y moderadas, que consisten en lesiones de tipo urticaria; por lo tanto, se pueden tratar con antihistamínicos y con una disminución en la velocidad de la transfusión. Las graves son menos frecuentes que las leves, y estas se presentan como reacciones anafilácticas.
- Lesión pulmonar aguda relacionada con la transfusión (TRALI/LPART): esta es una causa de morbimortalidad asociada a la transfusión. El mecanismo fisiopatológico es una reacción de los anticuerpos del donante contra los antígenos leucocitarios del receptor, produciendo una lesión pulmonar aguda. Tiene algunos factores de riesgo (ancianos, IRA, alcoholismo, sepsis, transfusión masiva, shock); el comienzo se da dentro de las dos a seis horas desde que se inició la transfusión; los hemocomponentes que más están relacionados son el uso de plasma y plaquetas. Respecto a la clínica, el paciente va a presentar fiebre, disnea, hipoxia e hipotensión. Un hallazgo importante cuando se realiza una radiografía de tórax es la presencia de edema. En estos pacientes se debe detener de forma inmediata la transfusión, y en general la mayoría van a necesitar soporte con intubación endotraqueal.

De acuerdo con Castellón (2020), en cuanto a los componentes sanguíneos que más frecuentemente estas asociados a reacciones, según el estudio de Kato y Uruma llevado a cabo en Japón en el 2013, reporta a los concentrados plaquetarios como los que tienen una mayor incidencia (3.8%), seguidos por el plasma fresco congelado (1.3%) y el 0.6% para el concentrado eritrocitario. (p.10)

Según Romero y Carballo (2019), la conducta frente a cualquier evento adverso que presente el enfermo consiste en detener de inmediato la transfusión, y mantener el acceso venoso con solución salina fisiológica. Se debe notificar inmediatamente en el formato *ad hoc* para tal fin, y enviarlo al respectivo banco de sangre. El tratamiento inicial depende de las manifestaciones

clínicas del paciente. En las reacciones severas no se deben esperar los resultados de la investigación serológica para iniciar el tratamiento. Sin embargo, en caso de fiebre aislada sin escalofríos u otros síntomas, se prescriben antipiréticos, y la transfusión se reanuda al disminuir la temperatura y obtener los resultados del banco de sangre, y los análisis de laboratorio pertinentes (p. 476).

CAPÍTULO III: MARCO METODOLÓGICO

En el presente capítulo se presenta la estrategia metodológica propuesta para guiar el cumplimiento de los objetivos planteados; la misma incluye el enfoque y el tipo de investigación, las fuentes de información, los criterios de inclusión y exclusión, el muestreo, las unidades de análisis, los instrumentos y procedimientos de recolección de datos, y sus análisis de datos.

Enfoque de la Investigación

Existen tres tipos de enfoques en los que se pueden basar las investigaciones, que son: cuantitativo, cualitativo y mixto (Hernández, Fernández y Baptista, 2014).

Se desea realizar una investigación de revisión bibliográfica, acerca de los beneficios de las pruebas viscoelásticas como manejo para el sangrado masivo en el servicio de emergencias. La presente investigación se desarrollará bajo un enfoque cualitativo, ya que esta "se orienta a profundizar casos específicos y no a generalizar. Su preocupación no es prioritariamente medir, sino cualificar y describir el fenómeno social a partir de rasgos determinantes" (Bonilla y Rodríguez, 2000, p. 10).

Objetivos con un enfoque cualitativo

Objetivo General

Conocer los beneficios de las técnicas de tromboelastometría y tromboelastografía en el manejo del sangrado masivo en los servicios de emergencias.

Objetivos Específicos

1. Revisión bibliográfica, para conocer cuáles son las dos causas más frecuentes de sangrado masivo y cómo se relacionan con las pruebas viscoelásticas.
2. Revisión bibliográfica, para estudiar cuál es el manejo convencional más utilizado para el sangrado masivo y cuáles son sus complicaciones agudas.
3. Revisión bibliográfica, para explicar qué son las pruebas viscoelásticas y sus diferencias.

4. Revisión bibliográfica, para describir cuales son los beneficios de TEG y ROTEM, en el sangrado masivo, en comparación con las pruebas convencionales.

Tipo de diseño de investigación

El diseño del trabajo de investigación se pretende realizar de tipo teoría fundamentada. Según Glaser y Strauss (1967), se basa en el interaccionismo simbólico. Su planteamiento básico es que las proposiciones teóricas surgen de datos obtenidos en la investigación, más que de los estudios previos (párr. 17).

Tipo de Investigación

La investigación presente es de tipo histórico, porque analiza eventos del pasado y busca relacionarlos con otros del presente y de tipo documental, ya que, de acuerdo con Casares Hernández *et al.* (1995), la investigación documental depende fundamentalmente de la información que se obtiene o se consulta en documentos, entendiendo por estos todo material al que se pueda acudir como fuente de referencia, sin que se altere su naturaleza o sentido, los cuales aportan información o dan testimonios de una realidad o un acontecimiento.

Elaboración de las fuentes de información

Las fuentes de información, según Calderón (2011), son: "... diversos tipos de documentos que contienen información para satisfacer una demanda de información o conocimiento" (p. 3). Para la investigación del proyecto se utilizarán las fuentes de información primarias y secundarias.

Las fuentes de información primarias, de acuerdo con Maranto y González (2015), son: "Este tipo de fuentes contienen información original es decir son de primera mano, son el resultado de ideas, conceptos, teorías y resultados de investigaciones. Contienen información directa antes de ser interpretada, o evaluado por otra persona" (p. 3). Se utilizan fuentes primarias, ya que en este tipo de fuentes se incluyen sitios web, artículos y libros, que fueron necesarios para elaborar el presente trabajo de revisión bibliográfica.

Las fuentes secundarias, de acuerdo con Calderón (2011), consisten en compilaciones, resúmenes y listados de referencias publicadas sobre un tema (listado de fuentes primarias) (p. 6).

Se utilizaron, en el presente trabajo de investigación, fuentes de información secundarias, para facilitar la búsqueda de las fuentes de información primarias por medio de referencias bibliográficas, a través de bases de datos y bibliotecas.

Esta revisión bibliográfica está basada en 18 estudios internacionales, de los cuales tres fueron de libros digitales, y quince fueron artículos de revistas. Los años fueron desde el 2012 hasta el 2020.

Se encontró información nacional; dos fueron publicados por la Revista Médica de Costa Rica y Centroamérica, y uno fue publicado en la Revista del Colegio de Microbiología Química Clínica de Costa Rica. Estos tres artículos fueron publicados entre los años 2013 y 2018.

Por consiguiente, las referencias y fuentes de información encontradas fundamentan y respaldan este trabajo investigativo, sobre los beneficios de las pruebas viscoelásticas como manejo para el sangrado masivo en los servicios de emergencias, para así mejorar la esperanza de vida de los pacientes críticos.

Fuentes de información

Tabla 9.

Fuentes de información

| Documento de consulta | Título del artículo | Autor (es) | Año de publicación | Datos para realizar la referencia | Relación con el tema de investigación |
|---|--|---|---------------------------|--|--|
| Revista de Medicina Intensiva. | Alternativas terapéuticas de la hemorragia masiva. | Fernández, E., Murillo, F., Puppo, A., y Leal, S. | 2012. | Manejo de hemorragias masivas. | Pruebas viscoelásticas en hemorragias masivas. |
| British Journal of Anaesthesia, 111 Suppl 1, i71-i82. | Update on massive transfusion. | Pham, H. P., y Shaz, B.H. | 2013. | Transfusión masiva. | Pruebas viscoelásticas. |
| Journal of Trauma Nursing. | Resuscitative strategies in the trauma patient: the past, the present, and the future. | Eick, B.G., y Denke, N.J. | 2018. | Trauma. | Manejo del trauma. |

| | | | | | |
|---|---|--|-------|-------------------------------------|--|
| Revista Médica de Costa Rica y Centroamérica LXX (608) 607-613. | Sangrado masivo: uso de tromboelastometría y tromboelastografía rotacional. | Mata, D. | 2013. | Sangrado masivo y sus pruebas. | Beneficios de las pruebas viscoelásticas en sangrado masivo. |
| Journal of Trauma Nursing. Volume 24, Number 3. | Evaluation tool for assessing a newly implemented massive transfusion protocol. | Broxton, S. Medeiros, R., y Schumacher, A. | 2017. | Protocolos de trauma. | Transfusión masiva. |
| Revista Colombiana de Anestesiología. | Tromboelastografía: nuevos conceptos en la fisiología de la hemostasia y su correlación con la coagulopatía asociada al trauma. | Galvez, K., y Cortes, C. | 2012. | Coagulopatía asociada a trauma. | Tromboelastografía. |
| Revista Mexicana de Anestesiología. | Monitorización y anestesia. | Molina, F., Romero, G., Lespron, M., y Guillen, Y. | 2015. | Monitoreos de pacientes inestables. | Pruebas viscoelásticas en pacientes críticos. |

| | | | | | |
|--|---|---|--------------|---|--|
| <p>Rev. Colegio de Microb. Quím. Clín. de Costa Rica, Vol 24, N° 2, mayo-agosto 2018</p> | <p>Tromboelastografía: una revisión y sus aplicaciones en la práctica médica.</p> | <p>Zumbado, G.</p> | <p>2018.</p> | <p>Beneficios de las pruebas viscoelásticas en el sangrado masivo.</p> | <p>Hemostasis, pruebas convencionales de coagulación y pruebas viscoelásticas.</p> |
| <p>Revista Médica de Costa Rica y Centroamérica LXXI (616) 647-651.</p> | <p>Coagulopatía inducida por trauma.</p> | <p>Roldán, C.</p> | <p>2015.</p> | <p>Trauma.</p> | <p>Coagulopatía y pruebas viscoelásticas.</p> |
| <p>Biblioteca Virtual de la Universidad de Málaga, España.</p> | <p>Guía práctica para manejo de la hemorragia masiva.</p> | <p>Fernández, J., Medina, A., Mingot, E., Muñoz, M.</p> | <p>2015.</p> | <p>Beneficios de las pruebas viscoelásticas en los sangrados masivos.</p> | <p>Definición de sangrado masivo y el uso de las pruebas viscoelásticas.</p> |

| | | | | | |
|--|---|---|-------|--|--|
| Documento multidisciplinar de consenso sobre el manejo de la hemorragia masiva Vol. 39. Núm. 8. 483-504. | Documento multidisciplinar de consenso sobre el manejo de la hemorragia masiva (documento HEMOMAS). | Llau, J., Acosta, F., Escolar, G., Fernandez-Mondejar, E., Guasch, E y Marco P. | 2015. | Beneficios de las pruebas viscoelásticas en los sangrados masivos. | Definiciones de sangrados masivos para el uso de las pruebas viscoelásticas. |
| Hematología. Volumen 20 Número Extraordinario del XII Congreso del Grupo CAHT: 213-223, 2016. | Sangrado crítico. | Fondevila, C., y Marun, S. | 2016. | Sangrado. | Sangrado crítico. |

| | | | | | |
|---|---|--|--------------|---|--|
| <p>Hematología. Volumen 23 Número Extraordinario XXIV Congreso Argentino de Hematología, 354-362,</p> | <p>Hemorragia en trauma: fisiopatología y manejo.</p> | <p>Fondevila, C.G.</p> | <p>2019.</p> | <p>Beneficios de las pruebas viscoelásticas en los sangrados masivos.</p> | <p>Causa más frecuente de sangrado masivo.</p> |
| <p>Revista Cubana de Hematología, Inmunología. Volumen 33, número 3.</p> | <p>Coagulopatía aguda traumática y hemorragia masiva: una relación que debemos conocer.</p> | <p>Román Torres, R., Trujillo Puentes, H.J., y Ortega León, L.</p> | <p>2017.</p> | <p>Beneficios de las pruebas viscoelásticas en los sangrados masivos.</p> | <p>Causas más frecuentes de sangrado masivo.</p> |

| | | | | | |
|--|--|---|--------------|---------------------------------|--|
| <p>Revista Anestesiología Clínica, Vol. 37, numero 1, 51-66.</p> | <p>Viscoelastic monitoring to guide the correction of perioperative coagulopathy and massive transfusion in patients with life-threatening hemorrhage.</p> | <p>Blaine, K.P., y Steurer, M.P.</p> | <p>2019.</p> | <p>Monitoreo viscoelástico.</p> | <p>Guía para el uso de pruebas viscoelásticas.</p> |
| <p>Advances in surgery, 53, 221-233.</p> | <p>What's new in trauma resuscitation?</p> | <p>Dauer, E., y Goldberg, A.</p> | <p>2019</p> | <p>Resucitación en trauma.</p> | <p>Pruebas viscoelásticas en trauma.</p> |
| <p>Medical Developments.</p> | <p>A new era of thromboelastometry.</p> | <p>Croche-more, T., Toledo, F., Reis, R., Campos, J., Rolim, L., y Domingos, T.</p> | <p>2016.</p> | <p>Tromboelastometría.</p> | <p>Pruebas viscoelásticas.</p> |

| | | | | | |
|---|---|---|-------|---|---|
| <i>Current Opinion in Critical Care</i> , 25(6), 668-674. | Coagulopathy in the surgical patient: trauma-induced and drug-induced coagulopathies. | Peralta, R., Thani, H. A., y Rizoli, S. | 2019. | Beneficios de las pruebas viscoelásticas y la coagulopatía. | Beneficios de las pruebas viscoelásticas. |
| Multidisciplinary Review. <i>Frontiers in Medicine</i> . | Métodos viscoelásticos de evaluación de la coagulación de la sangre: una revisión multidisciplinaria. | Benes, J, Zatloukal, J., y Kletecka, J. | 2015. | Pruebas viscoelásticas. | Métodos viscoelásticos. |
| Artículo de revisión. | Tromboelastografía y sus aplicaciones clínicas. | Franceschi, J. | 2015. | Tromboelastografía. | Aplicaciones clínicas. |
| <i>Revista Mexicana de Anestesiología</i> Vol. 38. Supl. | Monitoreo de la coagulación en el perioperatorio. | Carrillo, R., y Meza, J. | 2015. | Beneficios de las pruebas viscoelásticas en el sangrado masivo. | Función de las pruebas viscoelásticas. |

Referencias

Artículo de revista: Revista de Medicina Intensiva, pp. 447-500.

Artículo de revista: British Journal of Anaesthesia, pp. 73-77.

Artículo de revista: Journal of Trauma Nursing, p. 257.

Artículo de revista: Revista Médica de Costa Rica y Centroamérica, pp. 610-611.

Sección de libro: Journal of Trauma Nursing. Vol. 24, p. 166.

Artículo de revista: Revista Colombiana de Anestesiología, p. 227.

Artículo de revista: Revista Mexicana de Anestesiología, p.101.

Sección de libro Colegio de Microb. Quím. Clín. de Costa Rica, Vol 24, p. 46.

Artículo de revista: Revista Médica de Costa Rica y Centroamérica, pp. 647-651.

Artículo de revista: Biblioteca Virtual de la Universidad de Málaga, España, p. 2.

Artículo de revista: Hematología, Vol. 39, pp. 483-504.

Artículo de revista: Hematología, Vol. 20, pp. 213-217.

Artículo de revista: Hematología, Vol. 23, p. 355.

Artículo de revista: Revista Cubana de Hematología, Inmunología, Vol. 33.

Artículo de revista: Revista Anestesiología Clínica, Vol. 37, pp. 51-66.

Artículo de revista: Advances in Surgery, p. 227.

Artículo de revista: Medical Developments, p. 381.

Artículo de revista: *Current Opinion in Critical Care*, pp. 668-674.

Artículo de revista: Multidisciplinary Review. Frontiers in Medicine, p.1.

Artículo de revista: Revista Mexicana de Anestesiología, Vol. 38, p. 407.

Artículo de revista: Hematología, Volumen 21, pp. 32-36.

Muestra

El muestreo de esta revisión bibliográfica es un enfoque cualitativo, orientado a la investigación cualitativa, donde se utilizaron diversas muestras con antecedentes históricos, nacionales, internacionales con gran variedad de países, incluyendo Costa Rica, países europeos, americanos y latinoamericanos. El uso de las muestras teóricas y conceptuales favorece la revisión para profundizar conceptos sobre la cascada de la coagulación. Sobre los parámetros teóricos se define un sangrado masivo, y para entender qué son las pruebas viscoelásticas, los datos que proporcionan y sus usos más significativos en el servicio de emergencias y en el ámbito hospitalario. Además, este muestreo fue muy conveniente, porque confirmó que el uso de las pruebas viscoelásticas tiene muchos beneficios respecto al tratamiento de los sangrados masivos, principalmente en las primeras fases.

Criterios de inclusión y exclusión

De acuerdo con Hernández, Fernández y Baptista (2014), para toda investigación es importante definir quiénes serán parte del estudio; esto no solamente se hace definiendo la muestra, sino estableciendo qué características se necesitarán que tenga esa muestra para responder al planteamiento de investigación. Se entenderá como inclusión la de las características que debe tener la población u objeto para considerarse un participante del estudio; en caso contrario, exclusión corresponde a aquellas características que impidan ser parte de los participantes de la investigación.

Criterios de inclusión

Con respecto a los criterios de inclusión, se incluyeron fuentes y referencias bibliográficas que cumplieran con lo siguiente:

- Libros y artículos internacionales con años de publicación entre el 2012 y el 2020.
- Artículos de revista, donde mencionan cuáles son los componentes de la coagulación y cuál es la fisiología de la hemostasia.
- Artículos en distintos idiomas, que explican qué es sangrado masivo y cuáles son las principales causas.
- Documentos donde mencionan cuál es el manejo convencional del sangrado masivo y sus complicaciones.

- Estudios donde indican cuáles son las técnicas de TEG y ROTEM.
- Tres artículos publicados por la Revista Médica de Costa Rica y la Revista Colegio de Microbiología Química Clínica de Costa Rica, sobre tromboelastografía y coagulopatías en trauma.
- Artículos publicados en distintas revistas internacionales, donde mencionan qué son las pruebas viscoelásticas y cuáles son los beneficios.
- Se incluyen artículos sobre manejo de las hemorragias postparto, utilizando pruebas viscoelásticas.

Criterios de exclusión

Con respecto a los criterios de exclusión, se excluyeron fuentes y referencias de información bibliográficas que cumplieran con lo siguiente:

- Sección de libros y artículos internacionales con años de publicación por debajo del 2012.
- Artículos publicados por PubMed, con años de publicación por debajo del 2015.
- Se excluyen límites como edad, sexo, raza o continentes, del trabajo de investigación.
- Artículos que mencionan los beneficios de las pruebas convencionales en el manejo del sangrado masivo.
- Artículos internacionales de distintos idiomas con año de publicación por debajo del 2012.
- Documentos accesibles de forma incompleta (solo abstract, resúmenes, protocolos).

Tabla 10. Unidad de análisis

| Objetivo | Categoría de análisis | Subcategoría | Definición conceptual | Instrumentos | Ítem |
|-----------------|------------------------------|---------------------|------------------------------|---------------------|-------------|
| | | | | | |

| | | | | | |
|---|--------------------------------|---|--|---|----------|
| <p>Conocer cuáles son las dos causas más frecuentes de sangrado masivo y cómo se relacionan con las pruebas viscoelásticas.</p> | <p>Revisión bibliográfica.</p> | <p>Parámetros que definen un sangrado masivo.</p> | <p>Principales causas que producen un sangrado masivo, como el traumatismo y sangrado obstétrico.</p> | <p>Artículos, revistas y revisiones de páginas web.</p> | <p>1</p> |
| <p>Estudiar cuál es el manejo convencional más utilizado para el sangrado masivo y cuáles son sus complicaciones agudas.</p> | <p>Revisión bibliográfica.</p> | <p>Manejo convencional</p> | <p>Complicaciones de aplicar hemocomponentes a ciegas.</p> | <p>Artículos, revistas y revisiones de páginas web.</p> | <p>2</p> |
| <p>Explicar qué son las pruebas viscoelásticas y sus diferencias.</p> | <p>Revisión bibliográfica.</p> | <p>Pruebas viscoelásticas.</p> | <p>Cómo se utilizan sus resultados en el contexto de emergencias médicas. y las diferencias entre cada prueba.</p> | <p>Artículos, revistas y revisiones de páginas web.</p> | <p>3</p> |

| | | | | | |
|--|-------------------------|---|---|--|---|
| Describir cuales son los beneficios de TEG y ROTEM en el sangrado masivo, en comparación con las pruebas convencionales. | Revisión bibliográfica. | Beneficios de las pruebas viscoelásticas. | Cómo la TEG y la ROTEM benefician el manejo del sangrado masivo en un servicio de emergencias hospitalario. | Artículos, revistas y revisiones de páginas web. | 5 |
|--|-------------------------|---|---|--|---|

Instrumento cualitativo

- Journal of Trauma: editorial médica, donde médicos especialistas publican artículos, todos relacionados con traumatismo.
- PubMed: es un sitio web de búsqueda creado por la National Center for Biotechnology Information. Este sitio de búsqueda permite acceder a una serie de datos bibliográficos recopilados por la Biblioteca Nacional de Medicina de los Estados Unidos, MEDLINE, PreMEDLINE.
- Revista de Medicina Intensiva: es una revista de la Sociedad Española de Medicina Intensiva, Crítica y Unidades Coronarias (SEMICYUC), y de la Federación Panamericana e Ibérica de Sociedades de Medicina Crítica y Terapia Intensiva.
- SciELO: es una biblioteca virtual formada por una colección de revistas científicas españolas de ciencias de la salud, seleccionadas de acuerdo con unos criterios de calidad preestablecidos.
- British Journal of Anaesthesia: es una editorial que publica trabajos originales de alto impacto en todas las ramas de la anestesia, la medicina de cuidados críticos, la medicina del dolor y la medicina perioperatoria, incluidas las ciencias fundamentales, traslacionales y clínicas, práctica clínica, tecnología, educación y capacitación.
- Revista Médica de Costa Rica y Centroamérica: es una revista científica de carácter académico-docente, sin fines de lucro y de acceso gratuito. Tiene como objetivo la

publicación del quehacer científico del área de la salud; es una herramienta para la difusión de la investigación médica en Costa Rica, Centroamérica y Latinoamérica. Y se publican artículos de ciencias de la salud.

- Revista Colombiana de Anestesiología: la Sociedad Colombiana de Anestesiología y Reanimación (SCARE) utiliza esta revista para publicar los conocimientos médicos, no solo de la región colombiana, sino también del resto del mundo, relacionados con la anestesiología, el cuidado intensivo y la medicina perioperatoria.
- Colegio de Microb. Quím. Clín. de Costa Rica: es un sitio oficial donde los profesionales en el área publican, cada cierto tiempo, información tanto nacional como internacional.
- Biblioteca Virtual de la Universidad de Málaga, España: es una biblioteca virtual, donde los profesionales de la salud publican sus tesis de doctorados.
- Revista Mexicana de Anestesiología: el Colegio Mexicano de Anestesiología publica artículos de medicina originales, artículos de revisión y casos clínicos.
- Libro digital de hematología: ahí se encuentran conceptos, anatomía y datos fisiopatológicos relacionados con hematología.
- Hematología: Volumen 23 - Extraordinario XXIV Congreso Argentino: se encuentran documentos que plasman información importante relacionada con hematología, discutida en los congresos argentinos.
- Revista Cubana de Hematología: es una editorial donde médicos, y otros profesionales de la salud, publican artículos y documentos, no solo de Cuba, sino también de América Latina.
- Elsevier: Advances in Surgery: es una revista que publica información y artículos relacionados con el área quirúrgica.
- Current Opinion in Critical Care: revista donde se publican artículos académicos del área médica.
- Multidisciplinary Review. Frontiers in Medicine: revista de enfoque multidisciplinario dirigida por expertos internacionales, en la que se discuten y se publican conocimientos médicos y científicos.

Procedimiento de Recolección y Análisis de Datos

Procedimientos de Recolección de Datos

Se efectuó una búsqueda bibliografía direccionada y focalizada en PubMed y Google Académico; en PubMed se utilizó MeSH para una búsqueda avanzada.

Se realizó una búsqueda utilizando la técnica de snowball, revisando artículos citados o que citaron los artículos encontrados.

En esta etapa de la búsqueda, se incluyeron 21 artículos que cumplían con los criterios de inclusión.

Se efectuó una lectura de cada artículo y se utilizó una matriz para los antecedentes, donde sintetizaba toda la información.

La información encontrada se extrajo de los siguientes sitios web, artículos y revistas:

- Artículos de revisión en PubMed.
- Artículos de revisión en SciELO.
- Revista de Medicina Intensiva.
- British Journal of Anaesthesia.
- Journal of Trauma Nursing.
- Revista Médica de Costa Rica y Centroamérica.
- Journal of Trauma Nursing.
- Revista Colombiana de Anestesiología.
- Revista Mexicana de Anestesiología.
- Colegio de Microb. Quím. Clín. de Costa Rica.
- Biblioteca Virtual de la Universidad de Málaga, España.
- Sociedad Española de Medicina Intensiva.
- Libro digital de Hematología, Vol. 20.
- Libro digital de Hematología, Vol. 23
- Hematología: Volumen 23 - Extraordinario XXIV Congreso Argentino.

- Revista Cubana de Hematología.
- Revista Anestesiología Clínica.
- Elsevier: Advances in Surgery.
- Medical Developments International.
- Current Opinion in Critical Care.
- Multidisciplinary Review. Frontiers in Medicine.
- Hematología: Volumen 23 - Extraordinario XXIV Congreso Argentino.

Análisis de Datos

Para el presente trabajo de investigación de revisión bibliográfica, acerca de los beneficios de las pruebas viscoelásticas en el sangrado masivo de los pacientes en los servicios de emergencias, se optó por utilizar medios o sitios web como PubMed, Elsevier, SciELO.

Se tomaron en cuenta artículos publicados por distintas revistas médicas y secciones de libros de hematología.

Estos estudios fundamentan y respaldan el presente trabajo de investigación, donde se utilizaron artículos de distintas fechas de publicación, donde solo dos están por debajo del 2015.

CAPÍTULO IV: DISCUSIÓN

Al partir del hecho de que la tecnología avanza a pasos escalonados, las investigaciones realizadas sobre las pruebas viscoelásticas, comentadas a lo largo de esta investigación, plantean los beneficios aportados por la tromboelastometría y la tromboelastografía en el manejo del sangrado masivo en los servicios de emergencias contra las terapias convencionales, que son todas aquellas conocidas desde el pasado histórico en el área de la medicina, como son las transfusiones masivas de hemoderivados como plaquetas, plasma y glóbulos rojos empaquetados.

Es importante explicar los beneficios que tienen las pruebas viscoelásticas en el sangrado masivo, así como las fallas terapéuticas que han tenido a lo largo del tiempo desde su creación, las cuales han tenido grandes avances médico-quirúrgicos satisfactorios, pero muchos de ellos aún continúan siendo no concluyentes.

Diversos autores puntúan la gran cantidad de beneficios que tienen las pruebas viscoelásticas en el sangrado masivo en los servicios de emergencias, que comienzan desde monitorear las alteraciones de la coagulación del paciente a corto plazo y, además, determinando, por medio del tromboelastograma, cuál hemoderivado es el que requiere el paciente, es decir, permite mejor abordaje del paciente y reduce complicaciones postransfusionales.

Pruebas viscoelásticas en sangrado masivo por trauma

De acuerdo con Sáenz *et al.* (2021):

La introducción de pruebas viscoelásticas ha demostrado un tiempo de respuesta en la obtención de los resultados (tromboelastografía [TEG®], tromboelastometría rotacional [ROTEM®]) vs. PT/INR, significativamente más corto que las pruebas de laboratorio convencionales, con un ahorro de tiempo de 30 a 60 min. Las pruebas viscoelásticas también pueden ser útiles en la detección de anormalidades de la coagulación, relacionadas con el uso de inhibidores directos de la trombina, como dabigatrán, argatrobán, bivalirudina o hirudina, aunque estas pruebas no pueden discriminar entre los efectos de los inhibidores y el impacto de la coagulopatía traumática. En general, las pruebas viscoelásticas proporcionan una evaluación rápida de la hemostasia, para apoyar la toma de decisiones clínicas (pp. 4-5).

De este modo, los autores Sáenz *et al.* enfatizan que las pruebas viscoelásticas se han convertido, actualmente, en una alternativa segura al momento de monitorear y manejar al paciente con sangrados, comparada con las diversas terapias convencionales que ya existen.

De acuerdo con Imhoff *et al.* (2016), ROTEM ha sido evaluado en traumatología principalmente a través de un trabajo observacional retrospectivo o prospectivo. Por tanto, el nivel de prueba sigue siendo relativamente bajo. Schochl y col. sugirieron, en un primer trabajo, que el uso de ROTEM combinado con factores de coagulación mejoró la supervivencia del paciente, en comparación con una puntuación predictiva de mortalidad (TRISS). El mismo equipo demostró que, al comparar pacientes tratados con concentrados de factor guiados por ROTEM, con los pacientes tratados con hemoderivados lábiles, guiados por la biología estándar, redujo significativamente el uso de PSL, pero también la incidencia de falla orgánica múltiple sin modificar la supervivencia. En un trabajo reciente, un equipo italiano confirmó la reducción en el uso de hemoderivados lábiles significativamente, con una disminución en los costos asociados de más del 23%, pero aún sin modificar la supervivencia (p.4).

El problema con todos estos estudios, pero lo que también se puede ver como una ventaja, es que combinan el uso de ROTEM con el de los concentrados de factores, lo que dificulta saber qué es lo más importante en última instancia. Se espera que el trabajo aleatorizado europeo comience pronto en la comparación de la biología estándar con ROTEM, utilizando PSL en la misma proporción inicial.

Según el estudio realizado, donde se utiliza ROTEM más factores de la coagulación, demostró que mejoró la supervivencia de los pacientes.

Con el uso de ROTEM como guía para la administración de hemoderivados se reduce el costo y el desperdicio, al igual que se disminuye la falla orgánica, pero sin ningún cambio en la supervivencia. El único problema que tiene este estudio, es que no utilizan únicamente las PV, sino que también les agregan otros factores, que no permiten discernir cuál aspecto es el de mayor beneficio.

De acuerdo con Mata (2013), la presencia de coagulopatía, al ingreso del paciente al servicio de emergencias, indica un factor de mal pronóstico. Con el tiempo, la coagulopatía aguda del shock puede progresar en una CID (Coagulación Intravascular Diseminada), especialmente cuando se

asocia a sepsis. Discernir entre estas dos entidades es complejo, dado que ambas presentan sangrado activo, y las pruebas de coagulación estándar (TP, TTP, fibrinógeno y plaquetas) no son concluyentes en la diferenciación; el método que distingue más claramente estos dos procesos es el de las pruebas viscoelásticas (TEG o ROTEM) (p. 689).

Como menciona el autor, las pruebas viscoelásticas son de gran ayuda, para identificar la fisiopatología existente en un paciente con trauma que presenta sangrado, y nuevamente el autor concuerda con otros, en que las pruebas viscoelásticas son superior que las pruebas convencionales en sangrados activos.

Franceschi (2015) manifiesta que, a lo largo de los últimos años, la utilización de la tromboelastografía se ha extendido a situaciones clínicas, en las que la evaluación de la coagulación se ha convertido en otro pilar del cuidado del paciente, como en cirugías de alto sangrado, entre las cuales se encuentran los reemplazos articulares, la instrumentación de columna y los traumas, entre otras, así como la evaluación y el seguimiento de terapias anticoagulantes (warfarina, heparinas fraccionadas y no fraccionadas) antes de llevar a los pacientes a procedimientos; también, para evaluar la reversión de la heparina con protamina, así como para el manejo y el seguimiento de pacientes en unidades de urgencia especialmente, en trauma y en las unidades de cuidados intensivos (p. 31).

Como menciona el autor, las pruebas viscoelásticas generan un gran aporte en pacientes con trauma y otros escenarios clínicos, y también permiten monitorear a los pacientes que actualmente están con tratamiento, y a su vez evaluar la interacción de los fármacos anticoagulantes.

De acuerdo con Mora y Colomina (2016), en el paciente politraumático, la incapacidad para predecir qué sujeto va a necesitar una transfusión masiva (puesto que no se han descrito y consensuado con precisión los diferentes scores predictivos), en ocasiones expone a estos pacientes a la posibilidad de una transfusión innecesaria, y con ello, un derroche de recursos muy valiosos. Este es el motivo de que hayan resurgido los métodos de monitorización de la hemostasia al pie de cama del paciente, porque pueden describir con precisión la disfunción de la coagulación en la coagulopatía traumática de forma precoz, permitiendo corregirla en estadios iniciales, sin recurrir al empleo empírico de componentes hemáticos (p. 1).

Al partir de estudios de Mora y Colomina (2016), las pruebas viscoelásticas han evidenciado permitirle, al personal médico, transfundir de manera adecuada los hemoderivados que verdaderamente requiere el paciente. En pacientes con trauma que por lo general son hemodinámicamente inestables, transfundir sin saber realmente qué es lo que necesitan les generará más bien mayores complicaciones a corto o a largo plazo y, a su vez, gastos innecesarios de componentes sanguíneos.

Por lo tanto, todo paciente con traumatismo generará algún grado de coagulopatía, y se caracteriza por presentar muchas veces una reanimación excesiva con cristaloides y coloides, lo cual puede empeorar la coagulación por dilución de factores, hipotermia y acidosis; esto podría generarle al paciente una hemorragia mayor, insuficiencia de órganos y, si no se corrige, le puede ocasionar la muerte.

De acuerdo con Garnica (2017), TEG y ROTEM han sido utilizados como pruebas para identificar pacientes con alteración en la coagulación, la función plaquetaria o fibrinólisis. Han tenido relevancia en la evaluación de la coagulación en el trasplante hepático y la cirugía cardíaca; sin embargo, investigaciones actuales justifican su aplicación más amplia, como es el caso de enfermos con trauma, sepsis y hemorragia obstétrica.

Como menciona Garnica (2017) en su artículo, las pruebas viscoelásticas han tomado mayor alcance en la actualidad por las investigaciones realizadas, pues estas permiten el seguimiento y abordaje del paciente traumatizado.

Pruebas viscoelásticas en Hemorragia Masiva Obstétrica (HMO)

Guasch y Gilsanz (2016) dicen que los test viscoelásticos, TEG/ROTEM, son un método que valora las propiedades viscoelásticas de la coagulación de forma global (*modelo celular* de la coagulación). Presentan los resultados gráficamente, permitiendo valorar la formación y la lisis del coágulo en menos de diez minutos. Pueden realizarse al pie de cama (*point of care*), y aportan ventajas comparándolos con los test convencionales de la coagulación (rapidez en la obtención de resultados, favoreciendo la toma de decisiones clínicas precoces, permitiendo, además, una valoración global de la coagulación en una muestra de sangre total), lo que facilita una reposición agresiva y decidida en la hemorragia masiva obstétrica (p. 300).

Como mencionan los autores, las pruebas viscoelásticas para el manejo de hemorragia masiva en obstetricia son actualmente consideradas como una medida que es superior, comparada con las pruebas convencionales de laboratorio en términos de abordaje y seguimiento de estas pacientes.

De acuerdo con Guasch y Gilsanz (2016), hoy día no hay estudios amplios con ROTEM y HMO, aunque si se dispusiera de ellos, su uso podría guiar la reposición de forma rápida y directa, y ayudar a diferenciar si la hemorragia se está viendo agravada por una hemostasia alterada (p. 301).

De la misma manera, estos autores recalcan que las pruebas viscoelásticas podrían ser de gran ayuda en escenarios de sangrado, nuevamente recalcando uno de sus principales beneficios: transfundir adecuadamente al paciente en un tiempo más corto.

Pérez *et al.* (2015) manifiestan que la tromboelastografía es una herramienta de fácil y rápido acceso para evaluar la coagulación. Es una práctica común solicitar analgesia obstétrica durante la labor de parto, sin indagar si las pacientes están recibiendo algún régimen tromboproláctico. Es importante averiguarlo, porque puede haber factores de riesgo para trombosis, antecedentes personales patológicos e hipercoagulabilidad inherente al embarazo, la mayoría de ellas tratadas con alguna heparina de bajo peso molecular, lo que genera una preocupación justificada en los anestesiólogos, respecto a su administración, por el riesgo de formación de un hematoma neuroaxial (pp. 575-576).

Como se menciona, una de las complicaciones en la labor de parto es la formación de un hematoma neuroaxial: por eso estos autores recalcan que las pruebas viscoelásticas son el *Gold standard* en las salas de parto, para evaluar la coagulación y evitar interacción de fármacos anticoagulantes con anestésicos.

De acuerdo con Pérez *et al.* (2015), reportaron, como resultado de sus investigaciones, que la utilidad clínica del fibrinógeno, como biomarcador para progresión hacia hemorragia obstétrica, se ve limitada por su baja disponibilidad, por el tiempo de obtención del resultado a partir de la toma de la muestra (60 minutos), y que la tromboelastometría ofrece una opción a este problema, ya que al agregar diferentes activadores de la coagulación, que funcionan como catalizadores, se agilizan los procesos químicos, y se optimiza el tiempo de obtención de resultados, constituyendo así al FIBTEM A5 (amplitud después de cinco minutos de formación del coágulo), como el biomarcador

temprano para predicción de hemorragia obstétrica más importante disponible. Estos mismos autores mencionan que, en su investigación, las embarazadas con fibrinógeno de 2 a 2.9 g/L o FIBTEM de 10 a 15mm tienen una alta proporción de pérdidas hemáticas mayores a 2500 mL, y una alta frecuencia de transfusiones o procedimientos invasivos, todo lo cual se ve incrementado en mujeres con fibrinógeno por debajo de 2 g/L o FIBTEM menor a 10mm (p. 574).

Como mencionan los autores, es claro que, en las investigaciones realizadas, el fibrinógeno tiene un papel de alta importancia sobre la hemorragia obstétrica, debido a que se comporta como biomarcador predictor hacia la progresión de la hemorragia. Sin embargo, no se puede utilizar tanto, porque su disponibilidad es baja y, además, tomar una muestra tarda un tiempo muy prolongado. La tromboelastometría es una gran alternativa para solucionarlo, ya que utiliza el FIBTEM A 5 como biomarcador predictivo de la hemorragia obstétrica. Por tanto, brinda un gran beneficio, y permite adelantar el escenario en una paciente embarazada con un FIBTEM entre 10 y 15 mm, quien tiene alto riesgo de necesitar transfusión por una pérdida sanguínea mayor de 2500 ml.

De acuerdo con Pérez *et al.* (2015), se ha demostrado que la tromboelastografía puede ayudar a medir la dosis adecuada de heparina de bajo peso molecular para cada paciente, minimizando el riesgo de sobredosis o infradosis, y puede utilizarse para determinar la anticoagulación residual en las pacientes antes de realizar algún procedimiento invasivo (p. 576).

Del mismo modo, estos autores evidencian que la prueba viscoelástica es útil también en escenarios de abordaje a nivel del tratamiento farmacológico de pacientes previamente anticoagulados.

Pérez *et al.* (2015) dicen que la tromboelastografía y la tromboelastometría ofrecen valiosos datos de la situación de la coagulación en pacientes obstétricas en estado crítico, y permiten el inicio temprano de la terapia transfusional dirigida a los trastornos específicos. Es necesario encontrar herramientas que optimicen la toma de decisiones en pacientes obstétricas en estado crítico, particularmente en el caso de la hemorragia obstétrica, puesto que el tiempo es un factor decisivo en su pronóstico y morbilidad, de ahí que la tromboelastografía y la tromboelastometría sean alternativas adecuadas (p. 576).

Como mencionan estos autores, las pruebas viscoelásticas son consideradas una alternativa eficiente en aquellas pacientes obstétricas críticas que necesitan un manejo inmediato del sangrado.

Manejo convencional en sangrados masivos y sus complicaciones agudas

De acuerdo con Pham y Shaz (2013), la administración de glóbulos rojos: plasma: plaquetas en proporción 1:1:1 fue propuesta por primera vez por el ejército de los EE. UU., y posteriormente con el apoyo de estudios militares y luego civiles. La justificación de la relación 1:1:1 es que se parece más a la sangre total, lo que ayudaría a tratar y prevenir la ETIC. Una revisión retrospectiva de pacientes, quienes recibieron MT en un hospital de combate de EE. UU., demostró una reducción de la mortalidad del 66% al 19%, cuando la proporción de glóbulos rojos: plasma disminuyó de 8:1 a 2:1 (p. 173).

Como mencionan estos autores, transfundir 1:1:1 presenta una menor tasa de mortalidad en pacientes que tienen una hemorragia masiva, y esta forma de transfundir disminuye las complicaciones a corto y largo plazo.

Según Mata Chacón (2013), la transfusión masiva consiste en administrar de forma temprana cristaloides y coloides, en conjunto con hemoderivados como Glóbulos Rojos Empacados (GRE), Plasma Fresco Congelado (PFC) y concentrados de plaquetas. Los GRE deben ser los primeros componentes sanguíneos transfundidos en pacientes con sangrado masivo; mientras que el PFC y las plaquetas se reponen cuando es necesario restituir el volumen sanguíneo en sangrados importantes, y se realiza acorde con los análisis de coagulación (p. 610).

Como menciona la autora, la transfusión más utilizada es 1:1:1 (GRE, PFC y plaquetas), y hay evidencia de que estas maneras de transfundir incrementan la probabilidad de vida de un paciente con sangrado masivo.

De acuerdo con Yazer, Sperry, Cap y Seheult (2020), si bien es cierto que no existe una sola proporción óptima para la transfusión de hemoderivados para todos los pacientes traumatizados (porque cada paciente es diferente), las proporciones que se acercan a 1:1 al comienzo de la reanimación garantizan que el paciente reciba una reanimación equilibrada; es decir, que no

terminan recibiendo, por ejemplo, 12 glóbulos rojos, dos unidades de plasma y ninguna plaqueta (párr. 5).

Como mencionan los autores, la terapia transfusional 1:1:1 es el *gold standard* al momento de transfundir; se recomienda esta proporción equilibrada por menores efectos adversos post transfusionales y menor mortalidad del paciente.

Según Castellón (2020), aproximadamente entre un 2-3% de los pacientes transfundidos pueden experimentar algún tipo de efecto adverso. Las reacciones transfusionales mortales son raras, causadas casi siempre por incompatibilidad ABO, y secundariamente por antígenos de otros sistemas sanguíneos. Por tanto, aunque la mortalidad no es elevada, la morbilidad puede ser bastante significativa y complicar el curso de los pacientes con enfermedades graves.

Como indican los autores, las reacciones adversas son bastante frecuentes. Aunque la mayoría no son mortales, es importante que se realicen de forma segura y eficiente para disminuir estas posibles complicaciones.

De acuerdo con Castellón (2020), en cuanto a los componentes sanguíneos que más frecuentemente están asociados a reacciones, según el estudio de Kato y Uruma realizado en Japón en el 2013, reporta a los concentrados plaquetarios como los que tienen una mayor incidencia (3.8%), seguidos por el plasma fresco congelado (1.3%) y el 0.6% para el concentrado eritrocitario.

Como se cita anteriormente, hay reacciones adversas asociadas a cada hemocomponente; por tanto, con la aplicación de la PV y el uso individualizado de cada componente sanguíneo se puede disminuir la probabilidad de reacciones adversas.

Romero y Carballo (2019), manifiestan que la reacción adversa a una transfusión es una respuesta indeseable o un efecto adverso que presenta un paciente, tras la administración de componentes sanguíneos. La incidencia es variable (0,5%-3%), y en la mayoría de los casos es una reacción alérgica simple o una respuesta febril no hemolítica. La más severa es la hemólisis intravascular aguda, con alta mortalidad por sus complicaciones sistémicas (coagulación intravascular diseminada e insuficiencia renal aguda); su severidad clínica depende de la cantidad de sangre incompatible transfundida, por lo que debe ser detectada precozmente para disminuir su gravedad. De manera que “todos los pacientes deben ser transfundidos en áreas médicas, donde

puedan ser vigilados por personal entrenado en la administración de componentes sanguíneos para prevenir una reacción adversa” (p. 475).

Como mencionan los autores, las complicaciones agudas que se observan con mayor frecuencia son la reacción alérgica y la reacción febril no hemolítica. Por lo tanto, es lo que se va a encontrar con mayor frecuencia en los servicios de emergencias a la hora de las transfusiones masivas.

De acuerdo con Castellón (2020), en México la incidencia de reacciones transfusionales en estudio retrospectivo durante cinco años en el Hospital General de México, de 1999 al 2003, reportaron una tasa del 1.7% por cada 1 000 transfusiones, donde el 70.4% fueron agudas no hemolíticas y el 25.6% alérgicas. En el año 2003, en Cuba, se realizó, en el Hospital Docente Provincial “Comandante Faustino Pérez” el inicio del control y análisis de los efectos adversos de la transfusión de sangre, mediante el reporte y estudio de todas las reacciones transfusionales, para conocer su frecuencia, tipo y gravedad, así como su relación con el componente utilizado, los días de extraído y el sexo del receptor. Los datos obtenidos demuestran disminución del número de reacciones adversas, de 52 en el 2002 a 14 en el 2005. Las más frecuentes fueron la febril no hemolítica y las alérgicas; la más grave resultó ser la contaminación bacteriana. Los errores más frecuentes, subsanados antes de la transfusión, fueron por equivocación del grupo en la bolsa a transfundir. El componente que más reacciones originó fue el concentrado de hematíes, y el sexo femenino fue el que más reacciones presentó (p. 10).

Según los estudios realizados, se hizo a nivel de países centroamericanos, siendo este el caso específicamente de Cuba y México. Se reportan como reacciones más frecuentes las reacciones agudas, confirmando nuevamente, como mencionan distintos autores, que dentro de las agudas más frecuentes se encuentran la febril no hemolítica y la alérgica. Y en el caso del concentrado que más eventos adversos presenta es en el concentrado de hematíes.

De acuerdo con Romero y Carballo (2019), la conducta frente a cualquier evento adverso que presente el enfermo consiste en detener de inmediato la transfusión, y mantener el acceso venoso con solución salina fisiológica. Se debe notificar inmediatamente en el formato *ad hoc* para tal fin, y enviarlo al respectivo banco de sangre. El tratamiento inicial depende de las manifestaciones clínicas del paciente. En las reacciones severas no se deben esperar los resultados de la investigación serológica para iniciar el tratamiento. Sin embargo, en caso de fiebre aislada sin

escalofríos u otros síntomas, se prescriben antipiréticos, y la transfusión se reanuda al disminuir la temperatura y obtener los resultados del banco de sangre y los análisis de laboratorio pertinentes (p. 476).

Ante este tipo de reacciones adversas frente a las transfusiones, lo más importante es detener el paso del producto sanguíneo; sin embargo, no es necesario quitar la vía, para que se siga administrando solución fisiológica. Evidentemente, el tratamiento debe ser inmediato, según sea la sintomatología del paciente

Pruebas viscoelásticas y sus diferencias

De acuerdo con Fondevila y Marun (2016):

Los diferentes equipos (TEG o ROTEM) usan principios de medición similares, pero no son equivalentes entre sí debido a diferencias en el equipamiento, reactivos utilizados, parámetros a medir y algoritmos de interpretación. Estos algoritmos, al facilitar la identificación rápida de la falla hemostática, permiten una reposición dirigida, utilizando hemocomponentes y hemoderivados específicos. (p. 217)

Como mencionan los autores, las pruebas viscoelásticas son pruebas distintas en equipamiento y parámetros y activos al utilizar, pero generan el mismo resultado con distinta nomenclatura; estas pruebas son de alta utilidad, ya que permiten una reposición dirigida.

De acuerdo con Whiting y Dinardo (2014), los reactivos difieren entre ambas plataformas, inclusive el activador de la coagulación que usa cada una. Al considerar el ROTEM delta (equipo automatizado), cada prueba se realiza en una sola unidad, utilizando cuatro canales, y las pruebas disponibles son INTEM (coagulación intrínseca con ácido elágico), EXTEM (factor tisular desencadena la activación extrínseca), FIBTEM (citocalasina D se agrega al canal EXTEM para eliminar la contribución de plaquetas), y APTEM (se agrega aprotinina al canal EXTEM para detener la fibrinólisis). Está disponible una modificación de INTEM con la adición de heparinasa para detectar heparina en la muestra de sangre. Todos los resultados se muestran como un conjunto de curvas de coagulación y lisis denominadas temogramas, y se derivan hasta 32 parámetros que describen la cinética de coagulación y lisis y las propiedades de la coagulación (párr. 8).

Nuevamente, estos autores coinciden con los anteriores: las pruebas viscoelásticas difieren entre sí, en activadores a utilizar, parámetros, y nomenclatura para interpretar los resultados. Una de las diferencias, a nivel del sistema operativo de las pruebas, es que ROTEM es un sistema más moderno, y su creación fue basada a partir de TEG. El sistema TEG es capaz de analizar dos muestras y ROTEM cuatro muestras simultáneamente.

Whiting y Dinardo (2014) dicen que en el sistema TEG, una copa cilíndrica que contiene una muestra de sangre total de 340 μ l oscila 4° 45' cada cinco segundos, y un alfiler de un alambre de torsión se suspende en la sangre. Como la fuerza viscoelástica del coágulo aumenta más, la rotación se transmite al alambre de torsión y es detectada por un transductor electromagnético. En el sistema ROTEM, una copa cilíndrica que contiene una muestra de sangre total de 340 μ l permanece fija, mientras que un pasador suspendido en un mecanismo de cojinete de bolas oscila inicialmente 4° 75' cada seis segundos, mediante la aplicación de una fuerza constante. A medida que aumenta la resistencia viscoelástica del coágulo, se impide la rotación del pasador, y se detecta ópticamente utilizando un sistema de sensor de imagen de dispositivo de carga acoplada (CDD) (p. 228).

Estos autores describen que los sistemas de transducción electromecánica, de ambas pruebas viscoelásticas, son distintos entre sí, en el sistema operativo y mecánico al momento de evaluar la cinética y la fuerza de la formación/disolución del coágulo.

De acuerdo con Whiting y Dinardo (2014), un dispositivo ROTEM estándar es capaz de analizar cuatro muestras simultáneamente, mientras que un dispositivo TEG estándar es capaz de analizar dos muestras. Además, el dispositivo TEG es muy sensible a las vibraciones y debe mantenerse nivelado en un banco estable. Si bien ROTEM proporciona un pipeteo automático, el TEG requiere el pipeteo manual de muestras de sangre en los vasos (p. 228).

De nuevo, los autores hacen hincapié en que ambas pruebas son distintas entre sí. Se menciona que otra de sus diferencias en el pipeteo, movimiento de copa, movimiento del pasador, ángulo de rotación, detección, control de temperatura, regulación de la temperatura, interior de la taza y material de la copa.

Pruebas viscoelásticas versus pruebas convencionales de laboratorio en el sangrado masivo

Duque (2016), plantea que la tromboelastometría es un método de análisis global de la coagulación, y da información cualitativa sobre la interacción plaquetas-fibrinógeno, ya que se pueden tener recuentos normales, pero con disfunción precoz asociada, lo que se traduce en un coágulo poco resistente y con mayor tendencia al sangrado. Por el contrario, los análisis convencionales de la coagulación (TP, APTT) no informan sobre la fortaleza y lisis del coágulo que se está formando *in vivo*, ni sobre la funcionalidad de plaquetas y fibrinógeno; ofrecen un mero recuento cuantitativo. Además, sus resultados suelen tardar 45-60 minutos (párr. 6).

Como menciona Duque (2016), se descubre que las pruebas viscoelásticas son superiores en generar resultados. En comparación con las pruebas convencionales, en los test viscoelásticos los resultados están a los diez minutos, y por ende el abordaje será más oportuno y eficiente.

De acuerdo con Carrillo y Meza (2015), las pruebas de coagulación estándar se han utilizado como valores diagnósticos en el paciente durante el transoperatorio, y en pacientes con coagulopatía en la Unidad de Cuidados Intensivos (UCI). Sin embargo, el problema se centra en que dichos test no valoran la calidad del trabajo plaquetario, ni los sistemas fibrinolíticos: solo miden la hemostasia plasmática y no de la sangre total; es decir, no discriminan el mecanismo fisiopatológico del sangrado. Además, evalúan solamente los primeros 60 segundos de la formación del coágulo (proceso que dura de forma completa de 15 a 30 minutos) y se realizan a temperatura de 37 °C y pH de 7.5, sin considerar el efecto de la hipotermia, acidosis, hipocalcemia, y anemia. Ni el TP ni el TTPa evalúan la fibrinólisis (p. 407).

Como mencionan los autores, las pruebas convencionales son las más utilizadas en la actualidad, pero son pruebas que tienen una deficiencia significativamente mucho mayor en términos de análisis y generación de resultados, en comparación con las pruebas viscoelásticas que integran todas las fases de la coagulación y fibrinólisis.

De acuerdo con Roldan (2015), las pruebas habituales utilizadas para la valoración de la coagulación: Tiempo de Protrombina (TP), Tiempo de Tromboplastina Parcial activado (TTPa) e Índice Normalizado Internacional (INR), así como el recuento plaquetario y los niveles de fibrinógeno, son pruebas estáticas, y solo capturan un pequeño instante de todo el proceso de

coagulación, por lo que es posible que estas pruebas resulten normales mientras el estado general de la coagulación del paciente es anormal (p. 649).

Roldán (2015) también concuerda con los anteriores autores, en que son las pruebas más utilizadas en los centros hospitalarios; estos laboratorios no deberían ser las más fiable para abordar a pacientes con trauma, ya que estas pruebas no indican realmente lo que se necesita para transfundir. Un paciente con una coagulopatía es cambiante en todo momento, es decir, requiere de segundos para presentar otra alteración distinta, y requerir otro tipo de componente a transfundir.

Según Carrillo y Meza (2015), el uso rutinario del TEG implica menos componentes sanguíneos, al compararse con una terapia transfusional basada en pruebas estándar en pacientes llevados a cirugía cardiovascular mayor. Esto implica una disminución de los costos y de la exposición innecesaria por parte de los pacientes a la sangre y sus derivados (p. 407).

Seguidamente, los autores hacen hincapié en que las pruebas viscoelásticas tienen mayor tasa de efectividad y disminución del costo de componentes sanguíneos, comparadas con las pruebas convencionales; es decir, estas pruebas son ahorradoras de hemocomponentes y reducen la exposición de pacientes a transfusiones innecesarias.

De acuerdo con Díaz *et al.* (2017), la mayor ventaja del TEG/ROTEM®, en comparación con las pruebas de coagulación habituales, es la posibilidad de integrar estas pruebas con la función plaquetaria; es decir, es capaz de armonizar el proceso de la coagulación con la agregación plaquetaria, en el contexto de un paciente con alteraciones hemostáticas y, así, dar una idea más global de la fisiología de la hemostasia. Según el patrón de tromboelastografía, es posible identificar con precisión el defecto subyacente de la cascada de coagulación (trombocitopenia, deficiencia de factores, efecto de la heparina, hipofibrinogenemia o hiperfibrinólisis), lo que permite tener una idea clara de en qué fase se encuentra alterada y, de esta manera, facilita la decisión sobre el tratamiento que requiere el paciente (p. 67).

Estos autores indican que las pruebas viscoelásticas son una mejor opción, en comparación con las pruebas convencionales. Recalcan que es una técnica correcta para identificar la causa del sangrado, optimizar el tiempo y empezar a transfundir en un periodo de tiempo corto.

Resultados

Como parte de esta revisión bibliográfica realizada, se mostrarán los datos de las investigaciones propiamente de los artículos estudiados, con el fin de demostrar el objetivo principal de esta tesis de investigación, comprobando, así, los beneficios de las pruebas viscoelásticas para el manejo del sangrado masivo en el servicio de emergencias en los periodos 2015-2020.

Es importante mencionar que los dos tipos de pruebas viscoelásticas, tanto TEG como ROTEM, sí tienen beneficios sobre el manejo del sangrado masivo, y serían una excelente opción si estuvieran en los servicios de emergencias y, además, se contará con el equipo médico necesario, así como el personal capacitado para interpretarlas y ponerlas en práctica.

Se logró encontrar que las PV tienen múltiples beneficios en los servicios de emergencias. En primer lugar, cuando se habla de un sangrado masivo, se requieren reposiciones transfusionales masivas; sin embargo, no todos los pacientes requieren de todos los hemocomponentes, pues según sea la patología o alteración en la hemostasia, así será el componente sanguíneo que requieran. Estas pruebas detectan cuál es el producto específico que el paciente requiere. En segundo lugar, ellas miden las fases de la coagulación, como la fase de propagación, estabilización y disolución del coágulo, permitiendo, así, evaluar su funcionalidad. En tercer lugar, ofrecen resultados en un periodo de tiempo muy corto; además, estos resultados son en tiempo real y con la sangre entera del paciente.

Otro beneficio encontrado, y de mucha importancia, es el ahorro de hemocomponentes, ya que los bancos de sangre tienen suministros muy limitados; entonces, al poder determinar la cantidad y tipo de elemento sanguíneo que necesita el paciente, se disminuye en una parte muy significativa el desperdicio de estos, permitiendo así que otros pacientes puedan darle la utilidad necesaria.

Se logró determinar que, al reducir la cantidad de transfusiones y hemocomponentes utilizados, también se reducen las reacciones adversas postransfusionales, debido a que muchas de ellas están relacionadas con cierto grupo específico de componentes, como, por ejemplo: la reacción febril hemolítica se presenta en mayor proporción con la transfusión de plaquetas, esto causado por el tipo de almacenamiento que se maneja.

Se encontró que, al tener la característica y beneficio de brindar información en tiempo real, se obtiene un abordaje más rápido, efectivo e individualizado para cada paciente.

Se logró encontrar, como otro beneficio, que el uso de estas pruebas en el momento oportuno, pueden permitir el uso de otros componentes protrombínicos antes de utilizar algún componente sanguíneo, y así evitar la exposición del paciente a las complicaciones transfusionales.

Se determinó, como otro beneficio de las PV, que puede disminuir en cierta parte el riesgo de un sangrado masivo en pacientes que se encuentran anticoagulados. Esto es importante en los casos en los que un paciente ingresa de emergencia a un centro médico, y debe ser anestesiado e intervenido quirúrgicamente, sin datos médicos completos de su estado previo.

Se logró encontrar que las dos causas más frecuentes de sangrado masivo, tanto en Costa Rica como a nivel mundial, son los traumas y los sangrados obstétricos de diferentes causas. En el caso de los pacientes politraumatizados, muchos mueren en el sitio por lesiones cerebrales y por la hemorragia masiva, misma razón de mortalidad cuando llegan al servicio de emergencias.

Se encontró, en un artículo publicado por Fondevila (2019), que la mitad de los pacientes que sangran en un trauma van a necesitar una transfusión sanguínea. Y dependiendo del tipo de trauma, ya sea civil o militar, se necesitará que la transfusión sea de forma masiva. Por lo tanto, el 80% de las muertes intrahospitalarias es por hemorragia, y dos de cada tres se producen en las primeras seis horas.

De los pacientes en condición de trauma, un alto porcentaje desarrolla ATC; en este escenario el uso de las PV es muy efectivo para corregir esta coagulopatía, ya que evita el riesgo de hemodilución, aplicando únicamente lo que el paciente necesita.

Se logró conocer la razón por la que los sangrados obstétricos son una de las principales causas de sangrado: porque, fisiológicamente, las mujeres en estado de embarazo tienen aumento de gasto cardiaco, aumento del volumen total y de la volemia, lo cual se traduce en un estado de hemodilución.

Se determinó que el sangrado postparto es responsable de un tercio de las muertes a nivel mundial.

Se logró encontrar que con la TEG y ROTEM se observan R, CT y CFT acortadas, así como la AM y MCF aumentadas, debido al estado de hipercoagulabilidad que presentan las mujeres en embarazo.

Se encontró que un 1% de las mujeres con parto normal van a requerir una transfusión, y el porcentaje de necesidad de transfusión aumenta si es por cesárea. En este caso, las PV permiten una terapia más especializada, y también evitan el uso de grandes volúmenes de componentes sanguíneos.

Se encontró que el fibrinógeno se utiliza como biomarcador para la hemorragia obstétrica; sin embargo, es limitado por su baja disponibilidad, y además el tiempo de obtención de resultados es alrededor de 60 min. La TEM ofrece una solución con FIBTEM A5 como biomarcador temprano para la hemorragia obstétrica.

Se encontró relación en que el uso de las PV permite la utilización de elementos protrombínicos para disminuir las complicaciones trombóticas post-resucitación, y así limitar el uso de hemocomponentes.

Se encontró que el manejo convencional más utilizado en la actualidad es el protocolo transfusional ratio 1:1:1, donde se transfunde una unidad de glóbulos rojos, una de plaquetas y una de plasma fresco congelado; se utiliza en pacientes con pérdida masiva de sangre, quienes además presentan estados de acidosis, hipotermia y coagulopatía. Estos protocolos se activan por medio de escalas; la más utilizada es la puntuación ABC score, la cual es precisa y más sencilla de usar que las escalas TASH, ETS y McLaughlin, ya que no requiere ninguna prueba de laboratorio, es más fácil de recordar, usar y no retrasa la transfusión, y más bien les ayuda a los médicos a activar su protocolo de transfusión masiva de una forma más rápida. Se observó que se disminuyó la mortalidad hasta un 5% y sí se activaron 10-15 minutos, y después hubo un aumento en la mortalidad hasta tres veces.

Se logró evidenciar que las pruebas convencionales utilizan las pruebas tradicionales de la coagulación; es decir, el recuento de plaquetas, el tiempo de sangrado, el tiempo de protrombina (TP y TTPA), pero estas pruebas tienen ciertas limitantes, como su deficiencia en correlación con

el sangrado y la hipercoagulabilidad; su incapacidad para reflejar la contribución de las plaquetas, el factor XIII y la plasmina durante la formación y lisis del coágulo; y sus lentos tiempos de respuesta.

Se encontró que ROTEM es una modificación moderna de la tecnología TEG; ambas pruebas se encargan de evaluar la cinética y la fuerza de la formación o disolución del coágulo por medio de medición de cantidad de fuerza ejercida, y se va a transmitir a través de un sistema de transducción electromecánica por medio del desarrollo del coágulo.

Se logró evidenciar que ambas pruebas tienen diferencias entre sí: en el TEG el pipeteo es manual y en ROTEM es automático; el TEG presenta un movimiento de copa que es moviente mientras que en ROTEM es reparado; el movimiento de pasador es reparado en TEG mientras en ROTEM es moviente; el ángulo de rotación de la primera es 4° 45/5 seg y en la segunda 4° 75/6 seg; en TEG la detección se realiza por medio de transducción de pines y en ROTEM por medio de impedancia de rotación; mientras tanto, en el control de temperatura en grados centígrados TEG es en 24-40 y en ROTEM en 30-40; la regulación de la temperatura en TEG es por medio de taza calentada y en ROTEM se hace por medio de bloqueo de metal calentado; el interior de la taza en la primera es lisa y en ROTEM es con estrías; y para finalizar se encontró que en lo que difieren también en el material de la copa es en TEG en criolita y en ROTEM es de polimetacrilato de metilo.

Se encontró que otra diferencia, de las pruebas viscoelásticas, es que utilizan una nomenclatura diferente para describir los mismos parámetros; se menciona que el tiempo que tarda la traza en alcanzar amplitud de 2 mm en ROTEM se interpreta por el tiempo de coagulación (CT) y la velocidad de reacción (R) en TEG; el tiempo necesario para que la amplitud del coágulo aumente de 2 a 20 mm se debe observar por medio del tiempo de formación del coágulo (CFT) y el tiempo cinético (K) respectivamente. Las fuerzas del coágulo se interpretarán por medio de la firmeza máxima del coágulo (MCF) para ROTEM y amplitud máxima para TEG; el índice de lisis para ROTEM es por medio del índice de lisis 30 (LI30) y en TEG es por medio de Lysis 30 y Lysis 60 (LY30 y LY60).

Se logró determinar que la cantidad de unidades a transfundir es distinta entre pacientes, y se les colocan las necesarias hasta que el paciente recupere su inestabilidad hemodinámica. Es

importante mencionar que existen riesgos y complicaciones encontrados en la terapia transfusional a corto y a largo plazo, y generalmente la mayoría de pacientes que ingresan a los servicios de emergencias son con reacciones adversas agudas, lo que quiere decir en un periodo de 24 horas post transfusional.

Se logró encontrar que las reacciones adversas agudas de origen inmunológico son más frecuentes que las reacciones adversas agudas de origen no inmunológico. Entre las reacciones adversas de origen inmunológico se encuentran las reacciones alérgicas, la reacción febril no hemolítica, la lesión pulmonar aguda relacionada con la transfusión (TRALI/LPART y la reacción hemolítica aguda. Las reacciones no inmunológicas incluyen la hemosiderosis transfusional, la transmisión de priones, las reacciones hipotensoras, la contaminación bacteriana, la sobrecarga circulatoria y la disnea asociada a la transfusión.

Se determinó que las reacciones transfusionales agudas de origen inmunológico más frecuentes son la reacción febril no hemolítica, la cual sucede cuando se aumenta más de 1°C, y las reacciones alérgicas, que son una reacción de hipersensibilidad tipo 1.

Se logró encontrar que la reacción hemolítica aguda es la reacción adversa más grave asociada a la transfusión, debido al proceso de hemólisis que sucede en esta complicación, principalmente por incompatibilidad de los grupos ABO.

Se encontró que las pruebas viscoelásticas son ensayos hemostáticos viscoelásticos capaces de monitorizar la interacción de los factores de la coagulación en tiempo real del paciente y, a su vez, indican cuál parte de la coagulación está siendo afectada, si el problema es causado por factores de coagulación, acúmulo de plaquetas, lisis temprana del coágulo y, de acuerdo con lo que esté sucediendo, se puede dirigir la terapia transfusional y administrarle al paciente los hemoderivados que esté ocupando por su situación actual. Por medio del tromboelastograma se observan los trastornos de la coagulación, y se logran corregir con el hemoderivado específico.

Se determinó que las pruebas viscoelásticas difieren en el equipamiento, reactivos a utilizar, parámetros e interpretación, y a pesar de que estas pruebas tienen diferencias a nivel del sistema, ambas generan la misma información sobre la formación del coágulo.

Se determinó que una de las diferencias de ambas pruebas es que ROTEM es considerado un sistema moderno, ya que su creación fue realizada a partir de TEG. Al momento de analizar una muestra, ROTEM logra analizar cuatro muestras y TEG dos muestras simultáneamente.

Se encontró que las PV tienen el beneficio de valorar las fases de la coagulación en tiempo real, y las pruebas convencionales no tienen esa capacidad.

Se logró encontrar que las PV dan resultados de las muestras de una forma muy rápida, en un periodo de diez minutos, mientras que las pruebas convencionales de laboratorio tardan entre 30 y 45 min para dar resultados.

Se encontró que las PV tienen el beneficio de brindar una transfusión más individualizada y de una forma más rápida que las pruebas convencionales.

Se encontró que las PV permiten una gran cantidad de ahorro de componentes sanguíneos, en comparación con las PC, ya que normalmente se utiliza el protocolo 1:1:1.

Se encontró como beneficio que las PV permiten saber, de una forma más rápida, cuándo detener la transfusión sanguínea en un periodo de tiempo menor que las PC.

Se encontró como beneficio que las PV, según sea el caso, logran disminuir en cierta forma las reacciones adversas postransfusionales, pues algunas de estas están directamente relacionadas con ciertos componentes; entonces, en caso de los servicios de emergencia, en los que la toma de decisiones debe ser muy rápida, las PV permiten determinar el hemocomponente casi que, de forma inmediata, mientras que las PC no, y nuevamente deben aplicar el protocolo 1:1:1.

Se encontró como ventaja de las PV, que identifican trastornos de hipocoagulabilidad e hipercoagulabilidad, permitiendo así establecer una estrategia más adecuada y evitando la magnificación del problema aplicando el protocolo 1:1:1 según sea el caso.

CAPÍTULO V: CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

Conclusiones

Desde hace muchos años, específicamente en 1948, aparecieron las primeras pruebas viscoelásticas desarrolladas en Alemania por Hartert; sin embargo, en ese momento no tuvieron el impacto suficiente que están teniendo en la actualidad. Hasta en los años ochenta volvieron a reactivarse con su aplicación en los trastornos de la coagulación por trasplantes hepáticos y cirugía cardíaca con circulación extracorpórea.

La forma más clásica de tratar la hemorragia masiva incluye la reposición de la volemia con uso de fluidos, con cirugía de control en el origen de la hemorragia y con transfusión de hemoderivados; no obstante, la morbimortalidad sigue siendo muy alta. Debido a esto, en las últimas décadas se han instaurado nuevas técnicas para aumentar la sobrevida del paciente, entre ellas el uso de fármacos prohemostáticos y la introducción de las pruebas de cabecera del paciente (PV) para un manejo más individualizado y eficaz del paciente; por tanto, se concluye que el uso de la PV sí tiene beneficios sobre los sangrados masivos en los servicios de emergencias.

Las PV tienen varios beneficios que son importantes de mencionar. En primer lugar, permiten observar en tiempo real la fisiología de la coagulación, pudiendo así detectar el problema hemostático que está teniendo el paciente y repararlo de una forma específica.

Se destaca el ahorro de hemocomponentes como uno de los beneficios más importantes, porque logra que los hospitales tengan mayor cantidad de hemoderivados para todos los pacientes, sin ningún tipo de desperdicio.

Se concluye que el uso específico de hemoderivados, según sea la necesidad y patología del paciente, disminuye la presentación de reacciones adversas, debido a que hay reacciones directamente relacionadas según sea el elemento sanguíneo transfundido. Como en el caso de la reacción febril no hemolítica, es más frecuente con la administración plaquetaria, debido a que las plaquetas son almacenadas a temperatura ambiente. La reacción alérgica se asocia a la administración de plasma. Y la reacción hemolítica aguda se da en respuesta a los antígenos de los GR por anticuerpos que tiene el paciente, normalmente por incompatibilidad ABO.

Estas pruebas, además de brindar un abordaje individualizado, también brindan la información para utilizar o no complejos protrombínicos, que también son de gran importancia en el sangrado masivo para disminuir el riesgo de reacciones adversas y sobrecargas de volumen.

Se concluye que las PV pueden actuar como biomarcadores predictores de una hemorragia.

Los escenarios más frecuentes de sangrado masivo son por eventos traumáticos y obstétricos, teniendo un mayor peso de sangrado el trauma militar que el trauma civil. Las PV son muy eficientes para tratar la ATC, ya que disminuyen el riesgo de hemodilución y acidosis. Además, pueden detectar de forma precoz la fibrinólisis, y quienes tengan una ISS mayor de 16 van a tener mayor riesgo.

La hemorragia postparto es la primera causa de muerte materna a nivel mundial. Las laceraciones y hematomas generados durante el parto contribuyen a causas de hemorragias masivas. Un 1% de las mujeres necesitarán de transfusión sanguínea, y el porcentaje aumenta si es por cesárea. El FIBTEM 5, que corresponde a la amplitud después de cinco minutos de la formación del coágulo, es un biomarcador temprano para la predicción de hemorragia obstétrica.

El uso de las PV funciona como una guía a la hora de utilizar complejos protrombínicos, para revertir a las coagulopatías en pacientes obstétricas con shock, y así evitar complicaciones post-resucitación.

El manejo convencional más utilizado es transfundir al paciente en proporción 1:1:1; se realiza de esta manera ya que es la más parecida a la sangre total. Sin embargo, transfundir a ciegas genera las reacciones adversas agudas postransfusionales de origen inmunológico y las de origen no inmunológico. La reacción febril no hemolítica, junto con la reacción alérgica, son las más frecuentes, pero la reacción hemolítica aguda es la de mayor gravedad de las reacciones agudas.

Las PV evalúan en tiempo real las fases de la coagulación, brindando resultados en diez minutos, mientras que las pruebas convencionales tardan aproximadamente entre 30 y 45 min según sea la disposición del laboratorio. Por lo tanto, las pruebas agilizan el tratamiento individualizado.

Las pruebas viscoelásticas tienen diferencias entre sí; ambas generan resultados con nomenclatura distinta, usan reactivos diferentes, otra manera de transducción mecánica, pero a pesar de estas diferencias, ambas interpretan la cinética y lisis del coágulo.

Con el uso adecuado de las PV, el ahorro de costos y la disminución en el desperdicio de hemocomponentes son mucho mayores, en comparación con el empleo de las PC.

Las PV disminuyen el riesgo de hemodilución y, a su vez, disminuyen el riesgo de empeorar una coagulopatía, ya que identifican los componentes necesarios, y con las PC necesariamente se tienen que usar los protocolos convencionales.

Con las PV se disminuyen las probabilidades de complicaciones post transfusionales, al identificar el hemocomponente necesario, además de facilitar el uso de complejos protrombínicos. Con las PC esto no es posible.

Recomendaciones

A nivel mundial, la tecnología que ofrecen las pruebas viscoelásticas ha tenido un gran auge, por ser herramientas promisorias para la hemostasia; por lo tanto, es importante que los profesionales en salud, principalmente aquellos que se encuentran en contacto con los trastornos de la coagulación, conozcan sus beneficios y aplicaciones, no necesariamente como sustituta de las pruebas convencionales, pero sí como un aporte muy importante que va a favorecer la atención del paciente, y disminuir el uso de hemocomponentes, que en muchas ocasiones son escasos en los centros hospitalarios.

Se recomienda que, en el momento donde se requiera transfundir a un paciente y utilizar hemocomponentes sean siempre guiados por un criterio médico y clínico, idealmente utilizando pruebas viscoelásticas.

Capacitar al personal para la lectura adecuada de las PV, debido a que son indispensables para el diagnóstico, y hay pocos profesionales capacitados.

Promover el uso de las pruebas viscoelásticas en todos los hospitales a nivel nacional e internacional, para eliminar los desperdicios de hemoderivados y reacciones adversas.

Realizar más investigaciones a nivel nacional sobre las PV, ya que no existen tantas publicaciones al respecto, creándose un sesgo en la educación de los estudiantes de medicina y los profesionales de la salud.

Referencias Bibliográficas

- Alonso Díaz, R., Suescun Giménez, M., Pajares Moncho, M., Murado Pardo, J., Argente Navarro, M., y Laíz Marro, B. (2021). *Tromboelastometría: ¿determinación centralizada en el laboratorio o prueba a la cabecera del paciente? Experiencia en nuestro hospital como test centralizado*. Recuperado el 25 de octubre del 2021, de: doi: 10.1016/j.labcli.2016.12.004
- Benes, J., Zatloukal, J., y Kletecka, J. (2015). Viscoelastic methods of blood clotting assessment -A multidisciplinary review. *Frontiers in Medicine*, 2, 62. <https://doi.org/10.3389/fmed.2015.00062>
- Blaine, K.P., y Steurer, M.P. (2019). Viscoelastic monitoring to guide the correction of perioperative coagulopathy and massive transfusion in patients with life-threatening hemorrhage. *Anesthesiology Clinics*, 37(1), 51-66. <https://doi.org/10.1016/j.anclin.2018.09.004>.
- Broxton, S., Medeiros, R., & Schumacher, A. (2017). Evaluation Tool for Assessing a Newly Implemented Massive Transfusion Protocol. *Journal of trauma nursing : the official journal of the Society of Trauma Nurses*, 24(3), 164–169. <https://doi.org/10.1097/JTN.0000000000000285>
- Calderón, D. (2011). Fuentes de información. Recuperado de: http://bvspers.paho.org/videosdigitales/matedu/cam2011/Fuentes_informacion.pdf?ua=1
- Calvo Arrieta, K. (2021). *Hiperfibrinólisis: mecanismos fisiopatológicos, métodos diagnósticos y tratamiento*. Kerwa.ucr.ac.cr. Recuperado el 24 de octubre del 2021, de: <https://www.kerwa.ucr.ac.cr/bitstream/handle/10669/84291/Hiperfibrin%C3%B3lisis%20mecanismos%20fisiopatol%C3%B3gicos%2C%20diagn%C3%B3stico%20y%20tratamiento.pdf?sequence=3&isAllowed=y>.
- Cárdenas, J.C., Wade, C.E., Cotton, B.A., George, M.J., Holcomb, J.B., Schreiber, M.A., White, N.J., y PROPPR Study Group. (2019). El apagado por lisis de TEG representa la coagulopatía en pacientes con trauma hemorrágico: análisis de la cohorte PROPPR. *Choque (Augusta, Georgia)*, 51 (3), 273-283. <https://doi.org/10.1097/SHK.0000000000001160>

- Castellón, R. (2020). Principales reacciones adversas transfusionales en los pacientes ingresados en el Hospital Alemán Nicaragüense en el periodo de enero 2018 a diciembre del año 2019. Facultad de Ciencias Médicas. Hospital Escuela Alemán Nicaragüense. Recuperado de: <https://repositorio.unan.edu.ni/13359/1/TRES.pdf>
- Carrillo, R., y Meza, J. (2015). Monitoreo de la coagulación en el perioperatorio. Revista Mexicana de Anestesiología. Recuperado de: <https://www.medigraphic.com/pdfs/rma/cma-2015/cmas152h.pdf>
- Ceresetto, J. (2017). Fisiología de la hemostasia. Introducción general. Hematología. Volumen 21, N° Extraordinario: 4-6. Fisiología de la hemostasia normal. Recuperado de: <http://www.sah.org.ar/revista/numeros/vol21/extra/04-Vol%2021-extra.pdf>
- Concha, P.M., Mertz, K.V., Muñoz Castillo, G., Delfino, Y.A., Cortínez, F. L., Montaña, R.R., Pedemonte, T.J.C., y Fuentes, H.R. (2018). Comparación preoperatoria entre pruebas de coagulación y tromboelastografía en pacientes con cirrosis hepática sometidos a trasplante hepático [Thromboelastography and classical coagulation tests in the preoperative period of liver transplantation]. *Revista Médica de Chile*, 146(3), 277-281. <https://doi.org/10.4067/s0034-98872018000300277>
- Chambers, J., Seastedt, K., Krell, R., Caterson, E., Levy, M., y Turner, N. (2019). "Stop the Bleed": a U.S. military installation's model for implementation of a rapid hemorrhage control program. *Mil Med*. Mar 01;184(3-4):67-71.
- Crochemore, T., Corrêa, T.D., Lance, M.D., Solomon, C., Neto, A.S., De Campos Guerra, J.C... Silva, E. (2018). Thromboelastometry profile in critically ill patients: A. single-center, retrospective, observational study. *PLoS ONE*, 13(2), 1-14. DOI: <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0192965>

- Crochemore, T., Toledo, F., Reis, R., Campos, J., Rolim, L. y Domingos, T. (2016). A new era of thromboelastometry, *Medical Developments*, Recuperado de: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/28614427/>
- Dauer, E., y Goldberg, A. (2019). What's new in trauma resuscitation? *Advances in Surgery*, 53, 221-233. Recuperado de: <https://doi.org/10.1016/j.yasu.2019.04.010>
- Duque González, P. (2016). *Tromboelastometría - AnestesiaR*. AnestesiaR. Recuperado el 24 de octubre del 2021, from <https://anestesar.org/2016/tromboelastometria/>.
- Eick, B.G., y Denke, N.J. (2018). Resuscitative strategies in the trauma patient: the past, the present, and the future. *Journal of Trauma Nursing: The Official Journal of the Society of Trauma Nurses*, 25(4), 254-263. <https://doi.org/10.1097/JTN.0000000000000383>
- Evensen, A., Anderson, J.M., y Fontaine, P. (2017). Postpartum hemorrhage: prevention and treatment. *American Family Physician*, 95(7), 442-449.
- Fernández, J., Medina, A., Mingot, E., y Muñoz, M. (2017). *GUIA PRÁCTICA PARA MANEJO DE LA HEMORRAGIA MASIVA*. Hospitalregionaldemalaga.es. Retrieved 1 November 2021, from <http://www.hospitalregionaldemalaga.es/LinkClick.aspx?fileticket=UYuKNivITqg%3D&tabid=38>.
- Fernández, E., Murillo, F., Puppo, A., y Leal, S. (2012). Alternativas terapéuticas de la hemorragia masiva. *Medicina Intensiva*. Recuperado de: <http://scielo.isciii.es/pdf/medinte/v36n7/revision1.pdf>
- Fondevila, C. (2019). Hemorragia en trauma: físico patología y manejo, IV Simposio Conjunto EHA-SAH. Recuperado de: http://www.sah.org.ar/revista/numeros/vol23/n2_educacional/47-IV%20SIMPOSIO%20CONJUNTO%20EHA%20-%20SAH-Fondevila.pdf8
- Fondevila, C., y Marun, S. (2016). Sangrado crítico. Desafíos Hemorrágicos. Recuperado de: <http://www.sah.org.ar/revista/numeros/32-vol-20-congre-2016.pdf>

- Franceschi, J. (2015). Tromboelastografía y sus aplicaciones clínicas. Artículo de revisión. Recuperado de: <http://dx.doi.org/10.37980/im.journal.rmdp.2015365>
- Galvez, K., Cortes, y C. (junio de 2012). Tromboelastografía: nuevos conceptos en la fisiología de la hemostasia y su correlación con la coagulopatía asociada al trauma. *Revista Colombiana de Anestesiología*. Recuperado de: <http://www.scielo.org.co/pdf/rca/v40n3/v40n3a11.pdf>
- Garnica-Escamilla, M. (2017). *Hemorragia en trauma*. Medigraphic.com. Recuperado el 24 de octubre del 2021, from <https://www.medigraphic.com/pdfs/rma/cma-2017/cmas172i.pdf>.
- Guasch, E., y Gilsanz, F. (2016). *Hemorragia masiva obstétrica: enfoque terapéutico actual*. Recuperado el 24 de octubre del 2021, de: <https://www.medintensiva.org/es-hemorragia-masiva-obstetrica-enfoque-terapeutico-articulo-S021056911630002X>
- Grimaldo, F. (2017). Fisiología de la hemostasia. *Revista mexicana de Anestesiología*, Vol. 40. Recuperado de: <https://www.medigraphic.com/pdfs/rma/cma-2017/cmas172b.pdf>
- Guerrero, B, y López M. (2015). Generalidades del sistema de la coagulación y pruebas para su estudio. *Invest Clin* 56(4): 432 - 454, 2015. Recuperado de <http://ve.scielo.org/pdf/ic/v56n4/art10.pdf>
- Hernández, R., Fernández, C. y Baptista, P. (2014). *Metodología de la investigación*. (6ta. ed.). México: McGraw-Hill.
- Imhoff, E. *et al.* (2016). Intérêt de la thromboélastographie pour guider la correction de la coagulopathie post-traumatique: plus de MDS, moins de PSL? Recuperado de: Doi: 10.1016/j.tracli.2016.07.002
- Jackson, D.L., y DeLoughery, T.G. (2018). Postpartum hemorrhage: management of massive transfusion. *Obstet Gynecol Surv.*, 73(7):418-422. doi:10.1097/OGX.0000000000000582

- Kauvar, D., Lefering, R., y Wade, C. (2006). Impact of hemorrhage on trauma outcome: an overview of epidemiology, clinical presentations, and therapeutic considerations. *J Trauma*. Jun; 60(6 Suppl): S3-11.
- Llau, J., Acosta, F., Escolar, G., Fernández-Mondéjar, E., Guasch, E., y Marco, P. et al. (2015). *Documento multidisciplinar de consenso sobre el manejo de la hemorragia masiva (documento HEMOMAS)*. Medicina intensiva. Retrieved 1 November 2021, from.
- López, M. (2018). Hematología: Volumen 22 -Número Educativo- XIII Congreso CAHT. Recuperado de:
https://books.google.co.cr/books?id=vxuDDwAAQBAJ&printsec=frontcover&redir_esc=y#v=onepage&q&f=false
- Maranto, M., y González, M. (2015). *Fuentes de información*. Recuperado de;
<https://repository.uaeh.edu.mx/bitstream/bitstream/handle/123456789/16700/LECT132.pdf>
- Martinuzzo, M. (2017). Sistema de coagulación. Artículo de revisión hematología. Volumen 21, N° Extraordinario: 31-42. Fisiología de la hemostasia normal. Recuperado de:
<http://www.sah.org.ar/revista/numeros/vol21/extra/08-Vol%2021-extra.pdf>
- Mata, D. (2015). Sangrado masivo: uso de tromboelastometría y tromboelastografía rotacional. *Revista Médica de Costa Rica y Centroamérica LXX (608) 607-613, 2013*. Recuperado de:
<https://www.binasss.sa.cr/revistas/rmcc/608/art9.pdf>
- Molina, F., Romero, G., Lespron, M, y Guillen, Y. (junio de 2015). Monitoreo de la coagulación sanguínea en el paciente con sangrado crítico. *Monitorización y anestesia*. Recuperado de:
<https://www.medigraphic.com/pdfs/rma/cma-2015/emas151s.pdf>
- Mora, L., y Colomina, M.J. (2016). ¿Son imprescindibles las pruebas viscoelásticas en la resucitación del paciente politraumático? *Rev Esp Anesthesiol Reanim*.
<http://dx.doi.org/10.1016/j.redar.2016.01.008>

Organización Mundial de la Salud. WHO report on violence and injuries reveals grim statistics on preventable deaths. (2020). Disponible en línea en <https://www.euro.who.int/en/healthtopics/disease-prevention/violence-and-injuries/news/news/2020/7/who-report-onviolence-and-injuries-reveals-grim-statistics-on-preventable-deaths>

Peng, H.T., Nascimento, B. y Beckett, A. (2018). La tromboelastografía y la tromboelastometría en la evaluación de la deficiencia de fibrinógeno y la predicción de los requisitos de transfusión: una revisión descriptiva. *BioMed Research International*, 7020539. <https://doi.org/10.1155/2018/7020539>.

Peralta, R., Thani, H.A., y Rizoli, S. (2019). Coagulopathy in the surgical patient: trauma-induced and drug-induced coagulopathies. *Current Opinion in Critical Care*, 25(6), 668-674. <https://doi.org/10.1097/MCC.0000000000000676>

Pérez, A., Briones, J., y Rojas M. (2015). Uso de tromboelastografía y tromboelastometría para la transfusión racional y oportuna de hemoderivados en hemorragia obstétrica. *Ginecol Obstet Mex* 2015; 83:569-577. Recuperado de: <https://www.medigraphic.com/pdfs/ginobsmex/gom-2015/gom159j.pdf>

Pham, H.P., y Shaz, B.H. (2013). Update on massive transfusion. *British Journal of Anaesthesia*, 111 *Suppl 1*, i71-i82. <https://doi.org/10.1093/bja/aet376>.

Ramler, P.I., van den Akker, T., Henriquez, D., Zwart, J.J., y van Roosmalen, J. (2017). Incidence, management and outcome of women requiring massive transfusion after childbirth in the Netherlands: secondary analysis of a nationwide cohort study between 2004 and 2006. *BMC pregnancy and childbirth*, 17(1), 197. <https://doi.org/10.1186/s12884-017-1384-7>

Roldán, C. (2015). Coagulopatía inducida por trauma. *Revista Médica de Costa Rica y Centroamérica* LXXI (616) 647-651. Recuperado de: <https://www.medigraphic.com/pdfs/revmedcoscen/rmc-2015/rmc153x.pdf>

- Román Torres, R., Trujillo Puentes, H.J., y Ortega León, L. (2017). Coagulopatía aguda traumática y hemorragia masiva. *Revista Cubana de Hematología, Inmunología*, Vol. 33(3). Recuperado de: <http://www.revhematologia.sld.cu/index.php/hih/article/view/480/5>
- Romero, H, y Carballo, A. (2019). *Hematología práctica*. Universidad de Los Andes. Consejo de Publicaciones. Recuperado de: https://svmi.web.ve/wh/documentos/Hematolog_Pract.pdf
- Ruiz, C., y Andresen, M. (2014). *Reanimación con fluidos y hemoderivados en trauma*. Academia.edu. Retrieved 1 November 2021, from https://www.academia.edu/55673695/Reanimaci%C3%B3n_con_fluidos_y_hemoderiv
- Sáenz-Morales, O., Murillo-Gómez, M., Russi-Lozano, J., Viera-Molina, F., García, D., Torres, C., y Garay-Fernández, M. (2021). Coagulopatía inducida por trauma. Revisión basada en la evidencia y propuesta de manejo. *Acta Colombiana de Cuidado Intensivo*. <https://doi.org/10.1016/j.acci.2020.11.010>
- Shaydakov, M.E., Sigmon, D.F., y Blebea, J. (2020). Thromboelastography (TEG). In *StatPearls*. StatPearls Publishing.
- Taylor, F., y Toh, C. (2001). Towards definition, clinical and laboratory criteria, and a scoring system for disseminated intravascular coagulation. *Thromb Haemost.*, 86, 1327-1330
- van der Meij, J.E., Geeraedts, L., Jr., Kamphuis, S., Kumar, N., Greenfield, T., Tweeddale, G., Rosenfeld, D. y D'Amours, S.K. (2019). Evolución de diez años de un protocolo de transfusión masiva en un centro de trauma de nivel 1: ¿han mejorado los resultados? *Revista de cirugía ANZ*, 89 (11), 1470-1474. <https://doi.org/10.1111/ans.15416>
- Whiting, D., y Dinardo, J.A. (2014). TEG and ROTEM: technology and clinical applications. *American Journal of Hematology*, 89(2), 228-232
- Wikkelsø, A., Wetterslev, J., Møller, A.M., y Afshari, A. (2017). Thromboelastography (TEG) or rotational thromboelastometry (ROTEM) to monitor haemostatic treatment in bleeding patients: a

systematic review with meta-analysis and trial sequential analysis. *Anaesthesia*, 72(4), 519-531.
<https://doi.org/10.1111/anae.1376>

Yazer, M.H., Sperry, J.L., Cap, A.P., y Seheult, J.H. (2020). ¿Si no es ahora, cuándo? El valor del MTP en el manejo de hemorragias masivas. *Transfusión de sangre = Trasfusione del sangue*, 18 (6), 415-418. <https://doi.org/10.2450/2020.0275-20>

Zumbado, G. (2018). Tromboelastografía: una revisión y sus aplicaciones en la práctica médica. Rev. Colegio de Microb. Quím. Clín. de Costa Rica, Vol. 24. Recuperado de: <http://revista.microbiologos.cr/wp-content/uploads/2018/08/Art%C3%ADculo-Nº-1.pdf>