

Trauma vascular en extremidades: enfoque diagnóstico y terapéutico en urgencias

Extremity vascular trauma: Diagnostic and therapeutic approach in emergencies / Trauma vascular em extremidades: enfoque diagnóstico e terapêutico em urgências

Johanna Caicedo Valle¹, Andrés Felipe Estrada Atehortúa², Mateo Zuluaga Gómez³

Fecha de recibido:
04 de abril de 2018

Fecha de aprobación:
13 de agosto de 2018

RESUMEN

El trauma vascular en las extremidades es una causa importante de mortalidad y morbilidad. Por su fisiopatología se conoce que esta lesión puede tener efectos sistémicos ocasionados por el choque hemorrágico, y efectos locales debido a la isquemia tisular. El manejo se inicia desde el primer contacto con el paciente, bien sea por personal médico o de atención prehospitalaria. El escenario puede variar desde un área de conflicto armado, la vía pública hasta un hospital y la prioridad inicial será el control del sangrado. En este artículo se exponen elementos para el diagnóstico y el manejo no quirúrgico del trauma vascular incluyendo el uso temprano de torniquete, el diagnóstico clínico, la identificación y el tratamiento de pacientes con trauma vascular, lo que permitirá salvar vidas y extremidades.

Palabras clave: heridas y lesiones; hemorragia; diagnóstico.

ABSTRACT

Over the years, vascular injury in extremities has been an important cause of mortality and morbidity. Because of the physiopathology of these injuries, it is known that they produce systemic effects due to the hemorrhagic shock and local effects due to tissue ischemia. Treatment begins from the first contact, whether by physicians or pre-hospital attention personnel, and the setting can range anywhere from an area of armed conflict to a public area to a hospital. Regardless of these variables, the priority will always be hemorrhage control. This article exposes key elements for diagnosis and non-surgical treatment of vascular injury in extremities including early use of tourniquets, clinical diagnosis, images and damage control resuscitation. Thus, adequate identification and treatment of patients with vascular injury allows us to salvage lives and limbs.

Key words: wounds and injuries; hemorrhage; diagnosis.

RESUMO

O trauma vascular nas extremidades é uma causa importante de mortalidade e morbidade. Por sua fisiopatologia se conhece que esta lesão pode ter efeitos sistémicos ocasionados pelo choque hemorrágico, e efeitos locais devido à isquemia tissular. O manejo se inicia desde o primeiro contato com o paciente, bem seja pelo pessoal médico ou de atenção pré-hospitalar. O cenário pode variar desde uma área de conflito armado, a via pública até um hospital e a prioridade inicial será o controle do sangrado. Neste artigo se expõe elementos para o diagnóstico e o manejo não cirúrgico do trauma vascular incluindo o uso precoce de torniquete, o diagnóstico clínico, a identificação e o tratamento de pacientes com trauma vascular, o que permitirá salvar vidas e extremidades.

Palavras chave: feridas e lesões; hemorragia; diagnóstico.

Forma de citar este artículo:

Caicedo J, Estrada AF, Zuluaga M. Trauma vascular en extremidades: enfoque diagnóstico y terapéutico en urgencias. Med UPB. 2019;38(1):57-66. DOI:10.18566/medupb.v38n1.a07

1. Urgentólogo, Hospital Pablo Tobón Uribe. Docente de cátedra Facultad de Medicina, Universidad Pontificia Bolivariana. Medellín. Colombia.
2. Urgentólogo Hospital Pablo Tobón Uribe y Clínica CES. Docente de cátedra Facultad de Medicina, Universidad Pontificia Bolivariana. Docente adscrito Universidad CES. Medellín. Colombia.
3. Residente Medicina de Urgencias. Universidad CES. Medellín. Colombia.

Dirección de correspondencia: Mateo Zuluaga Gómez. Correo electrónico: mateozg92@hotmail.com

INTRODUCCIÓN

El trauma vascular en las extremidades ha sido un problema común en la historia de las guerras de la humanidad. Así mismo, las guerras han permitido que el manejo quirúrgico y no quirúrgico de este tipo de lesiones haya evolucionado a lo largo del tiempo lográndose una reducción en la mortalidad y en la tasa de amputación de las extremidades¹⁻⁴.

Tanto en la Primera como en la Segunda Guerra Mundial, el tiempo de atención a un soldado con heridas en las extremidades era muy prolongado (podría ser hasta de 12 horas), lo cual, sumado a la contaminación, al retraso en la evacuación y al uso de la ligadura de la lesión como método primario de control del sangrado, llevaba a una tasa de amputación de hasta el 70%⁵.

Durante las guerras de Corea y de Vietnam mejoraron las técnicas de reparo quirúrgico de la extremidad. Aparecieron, además, unidades de transporte terrestre y aéreo de los heridos, lo cual aumentó significativamente la sobrevivencia y disminuyó la tasa de amputación de los lesionados alcanzándose un 8% en la guerra de Vietnam^{6,7}.

En los conflictos bélicos más recientes, como las guerras de Irak y Afganistán, no solo se mejoraron las técnicas quirúrgicas, sino también el manejo no quirúrgico iniciado desde el ámbito prehospitalario con el uso de torniquetes, agentes hemostáticos y hemoderivados, reduciendo significativamente los desenlaces negativos⁸.

En este artículo se revisarán el diagnóstico y el manejo no quirúrgico del trauma vascular en las extremidades, teniendo en cuenta que el manejo precoz y adecuado tiene un gran impacto en el salvamento de extremidades y de la vida de los pacientes.

EPIDEMIOLOGÍA

En Colombia, el trauma es la principal causa de morbilidad en menores de 45 años y la tercera causa de muerte^{9,10}. Las extremidades son las partes del cuerpo que más comúnmente se lesionan por ser el punto inicial

de impacto en conflictos bélicos, en la violencia común, en accidentes automovilísticos o en deportes¹¹. El estudio de Morales *et al.*, evaluó 843 pacientes con trauma vascular entre los años 1996 y 2000, y encontró que el 31% presentaba lesión en la extremidad superior y 28% en la extremidad inferior. Estas lesiones vasculares fueron ocasionadas por proyectiles de arma de fuego de carga única en el 46,4% de los casos; por arma cortopunzante en el 29,5%; por arma de fuego de carga múltiple, 11,8%; por trauma contuso 10,5% y por aplastamiento en el 1,8% de casos¹²⁻¹⁴.

Por su parte, en conflictos internacionales, como en la Guerra de Irak, se registró que hasta un 75% de las lesiones arteriales se localizó en las extremidades, más de la mitad de los casos fueron en las extremidades inferiores¹⁵.

FISIOPATOLOGÍA

El trauma vascular en las extremidades puede producir efectos locales o sistémicos (Figura 1). Los efectos sistémicos son ocasionados por el estado de choque secundario a las pérdidas sanguíneas, presentando los síntomas clásicos del choque hemorrágico, los cuales varían desde la taquicardia hasta la alteración en el sensorio, piel fría con llenado capilar prolongado, oliguria y, finalmente, hipotensión^{16,17}.

Los efectos locales varían de acuerdo a la localización de la lesión (las arterias más proximales, como la axilar, la humeral y la femoral superficial presentan arterias nombradas como vías de circulación colateral, lo cual permite mantener el flujo distal, mientras que las poplíteas y las arterias posteriores a la bifurcación de las humerales no presentan circulación colateral, por lo que la isquemia es precoz); el tipo de lesión vascular (las trombosis y las laceraciones completas de la arteria producen una interrupción completa del flujo distal, a diferencia de las laceraciones incompletas, hematomas intramurales o *flaps*) y el mecanismo de la lesión (las lesiones de proyectiles de alta energía o accidentes de tránsito pueden generar compromiso severo de los tejidos blandos y



Figura 1. Efectos sistémicos de la isquemia persistente.

estructuras óseas, lo cual genera mayor morbilidad al paciente)¹⁸.

En general se sabe que los nervios periféricos son muy sensibles a la hipoxia, por lo que se toma como tiempo de oro, antes de presentar una lesión nerviosa irreversible, un tiempo no mayor de cuatro horas; mientras que el músculo es un poco más resistente a la hipoxia y tolera un tiempo de isquemia caliente hasta seis horas, posterior al cual el daño es irreversible. Estos tiempos pueden ser mayores de acuerdo a los factores previamente descritos, sin embargo, es importante reconocer y manejar de forma precoz a estos pacientes con lesión vascular de extremidades para evitar la disfuncionalidad o la pérdida de la extremidad^{11,18}.

EVALUACIÓN Y ATENCIÓN DEL PACIENTE EN EL ÁMBITO PREHOSPITALARIO

El primer contacto del paciente con trauma vascular puede ser realizado por personal médico o de atención prehospitalaria. Esto puede ocurrir en el contexto de un conflicto armado o en la vía pública, y quien haga el primer contacto debe iniciar el ABCDE primario de trauma y obtener un acceso IV. Sin embargo, en lugares donde se manejan multitud de lesionados con alta mortalidad secundaria a pérdidas sanguíneas, como en Estados Unidos (*marines*), se utiliza un protocolo conocido como MARCH (por sus siglas en inglés que traducen sangrado masivo, vía aérea, respiración, circulación, trauma encéfalo craneano) en el que la prioridad es el control del sangrado antes del manejo de otras lesiones amenazantes para la vida¹⁹.

El control de la hemorragia se puede realizar con compresión directa, vendajes compresivos, agentes hemostáticos locales como el Quickclot®, el Hemcon® y los torniquetes²⁰.

En Estados Unidos se han desarrollado torniquetes que pueden ser manejados por el mismo soldado en el campo de batalla, con la posibilidad de ser puestos y ajustados con una sola mano en menos de un minuto^{20,21}, entre estos cuentan con el SOFT (*Special Operations Forces Tactical Tourniquet*) y CATS (*Combat Application Tourniquet System*)²¹.

Hace algunos años hubo controversia en cuanto a los torniquetes, especialmente en relación con el tiempo que se podían dejar puestos; hoy se sabe que son el método más eficaz que existe para controlar el sangrado siempre y cuando se usen de forma adecuada. Los estudios existentes acerca de estos dispositivos han sido realizados principalmente en el contexto del conflicto bélico y algunos estudios se han evaluado teniendo en cuenta población civil y militar^{19,20}.

El uso de los torniquetes mejora significativamente la supervivencia de los pacientes, especialmente al ser aplicados previamente a la instauración del choque hemorrágico. Esto fue demostrado en el estudio de Kragh *et al.*, en el que durante un periodo de un año se evaluó el uso de torniquetes en pacientes con trauma vascular en extremidades, tanto en población militar como civil. En total se aplicaron 862 torniquetes en 651 extremidades de 499 pacientes, encontrando que la supervivencia de los pacientes a quienes se les aplicó torniquete antes de la aparición de choque (definido como un pulso radial débil o ausente en una extremidad sin lesiones y sin torniquete aplicado) tanto prehospitalario como en la sala de emergencias fue significativamente mayor: 96% vs. 4% ($p < 0.001$); también fue mayor la supervivencia de aquellos a quienes se les aplicó el torniquete prehospitalario versus los aplicados en el servicio de emergencias (89% vs. 78% $p = 0.015$) y sin complicaciones derivadas por su uso^{22,23}.

El manejo seguro de los torniquetes implica que no sean aplicados por un tiempo mayor a dos horas para evitar complicaciones, deben ser insuflados hasta el punto de que desaparezca el sangrado, aplicarse por encima del sitio de la lesión y siempre notificar la presencia de un torniquete, el cual, en lo posible, debe estar destapado y visible para evitar que sean dejados de forma prolongada en el paciente²⁴⁻²⁶.

Los estudios recientes muestran pocas complicaciones con el uso de torniquetes por un tiempo máximo de dos horas, lo más común es presentar déficit neurológico focal sensitivo o motor -en los reportes descritos la mayoría mejoran^{27,28}-. Otras complicaciones son dolor local, trombosis venosa profunda, rhabdomiólisis, síndrome compartimental y hematoma^{25,29}.

Se recomienda revisar el torniquete cada 30 minutos aproximadamente y en cada contacto médico, de esta manera se evalúa persistencia del sangrado, posibles complicaciones o si el torniquete se encuentra en mala posición o muy poco ajustado^{25,30}.

En caso de multitud de lesionados, si se observan pacientes con extremidades que presentan sangrado evidente, se puede aplicar el torniquete, dejar una señalización en el paciente indicando que tiene un torniquete, continuar con el triaje general y, posteriormente, revalorar al paciente una vez todas las víctimas tengan un triaje y determinar si tiene necesidad de continuar su uso²⁵.

VALORACIÓN HOSPITALARIA

Una vez el paciente con sospecha de trauma vascular llega a una institución hospitalaria, debe ser ingresado de forma rápida por el triaje, ya que cuenta con un riesgo de deterioro hemodinámico debido al tipo de lesión que presenta. La prioridad en el triaje se asignará así²¹:

ingreso inmediato en el paciente con sangrado activo no controlado, e ingreso “retardado” al paciente con sangrado controlado. Dentro de la evaluación inicial se debe definir si hay herida penetrante sospechosa de trauma vascular o si este es secundario a trauma cerrado^{11,18}.

Los signos clínicos con mejor seguridad diagnóstica para definir trauma vascular en las extremidades son conocidos como signos duros o de certeza, estos son: sangrado activo, hematoma creciente o pulsátil, ausencia de pulsos distales, soplos o frémitos sobre el área del trauma y signos o síntomas de isquemia regional (parestias, dolor, palidez, parestia o parálisis, hipoestesia o anestesia, dolor, llenado capilar lento y frialdad), los cuales deben ser evaluados en los pacientes que se encuentren hemodinámicamente estables para que sean confiables (ver Tabla 1)^{11,17,31-34}.

Se debe tener en cuenta que existen unas lesiones que pueden simular signos duros de trauma vascular las cuales no indicarían manejo quirúrgico inmediato sino realización previa de imágenes como se observará posteriormente^{11,31,35}.

Están también descritos los signos blandos de trauma vascular o de sospecha: sangrado previo importante que cedió, hematoma pequeño no expansivo sin soplo o frémito, lesión del nervio relacionado con la arteria, pulsos distales disminuidos, hipotensión o trayecto de la lesión en la proximidad (1-2 cm) de una arteria nominada. En estos casos la posibilidad de que haya un trauma vascular significativo es menor al 5%, por lo que en general no hay necesidad de realizar exámenes complementarios, sino que pueden ser tamizados por medio del índice tobillo-muñeca-brazo o dejar en observación y evaluar si aparecen signos duros^{11,31,36}.

Existen varios algoritmos para el abordaje del paciente con trauma vascular en las extremidades. A continuación, se mostrarán los utilizados por dos escuelas: Western Trauma Association (WTA) de Estados Unidos (Figura 2) y el utilizado en el Hospital San Vicente Fundación de Medellín (Figura 3 y Figura 4).

El índice tobillo-muñeca-brazo, entendido como la toma de presión arterial con efecto *doppler*, debe tener un

valor normal de 1.0 por lo que todo valor igual o menor de 0.9 indica una disminución del flujo sanguíneo. Se utiliza como prueba de tamizaje en los pacientes con signos blandos de trauma vascular, y realizado de forma adecuada tiene una sensibilidad que varía entre el 70% y 95%, especificidad superior al 95% y valor predictivo negativo entre el 96%-99%, por lo que en caso de resultar normal en un paciente con signos blandos es posible realizar un alta temprana y segura ($p < 0.05$)^{31,37}.

Si durante la observación del paciente con trauma abierto o cerrado en la extremidad, no presenta signos duros o de certeza de lesión vascular, el paciente puede ser dado de alta de forma segura¹¹.

ESTUDIOS IMAGENOLÓGICOS

Hoy en día la prueba de referencia para el estudio del trauma vascular en extremidades es la angiotomografía. Existen varios estudios al respecto como el realizado por Wallins *et al.* donde se incluyeron 132 pacientes con trauma penetrante en miembros inferiores, de los cuales 89% fue secundario a arma de fuego. De estos, al 45% se le realizó angiotomografía de extremidades, encontrando que el 58% fueron negativas, 32% positivas, 6% indeterminadas. El objetivo era determinar la correlación clínico-radiológica³⁸.

Los pacientes con angiotomografía negativa no tenían lesión vascular. Todos los pacientes con angiotomografía positiva tenían lesión vascular. Las tomografías indeterminadas fueron dos en total, dichos pacientes se llevaron a cirugía: una fasciotomía por síndrome compartimental y una exploración que resultó negativa. Se salvaron el 100% de las extremidades. En conclusión, este estudio muestra que hay una correlación completa entre la angiotomografía y los hallazgos patológicos de los pacientes^{38,39}.

Patterson *et al.* realizaron una revisión sistemática de la literatura buscando definir la imagen de elección en los pacientes con trauma vascular en las extremidades, que fuera precisa y no invasiva. Incluyeron 58 artículos, la mayoría acerca de la angiotomografía como método diagnóstico. En general, se encontró que la angio-

Tabla 1. Signos duros y blandos de lesión vascular.

Signos de certeza o duros	Signos de sospecha o blandos
Sangrado activo	Sangrado previo que cedió
Hematoma creciente o pulsátil	Hematoma pequeño estable
Ausencia de pulsos distales	Lesión del nervio relacionado
Soplo o frémito en el trayecto del trauma	Pulsos distales disminuidos
Signos o síntomas de isquemia	Hipotensión
	Proximidad a una arteria

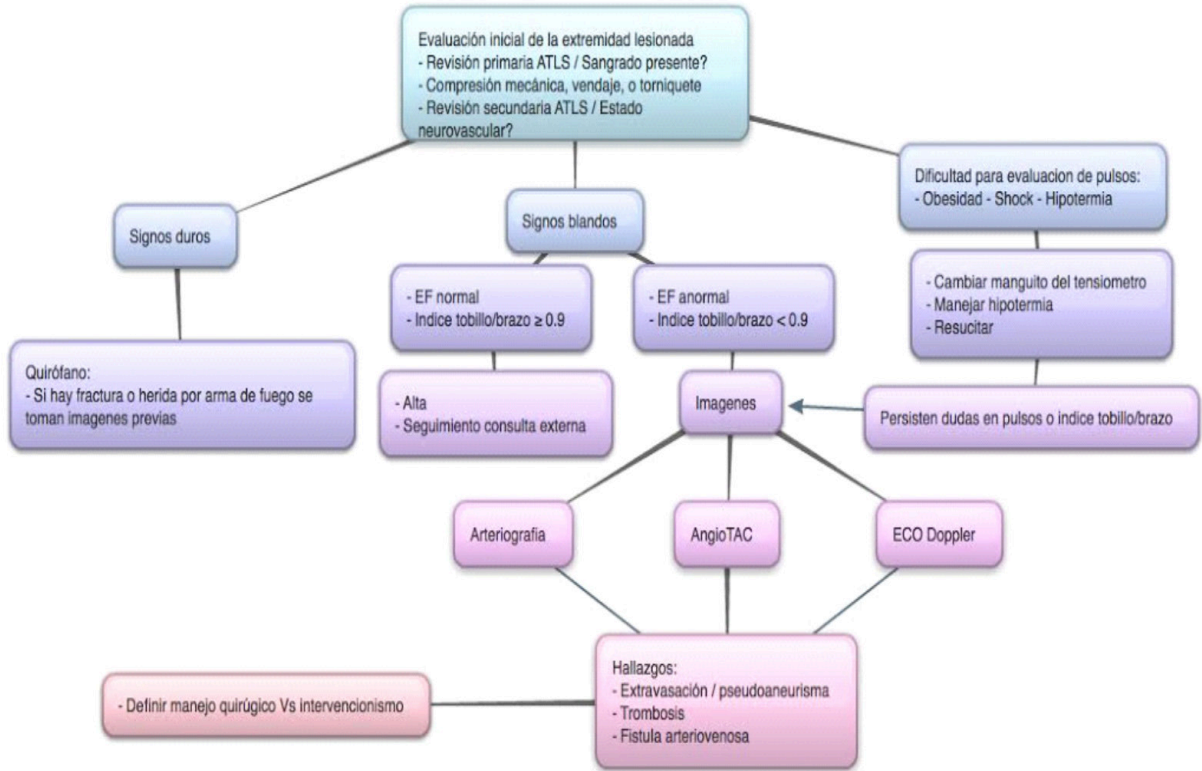


Figura 2. Algoritmo de decisiones de acuerdo con la WTA.

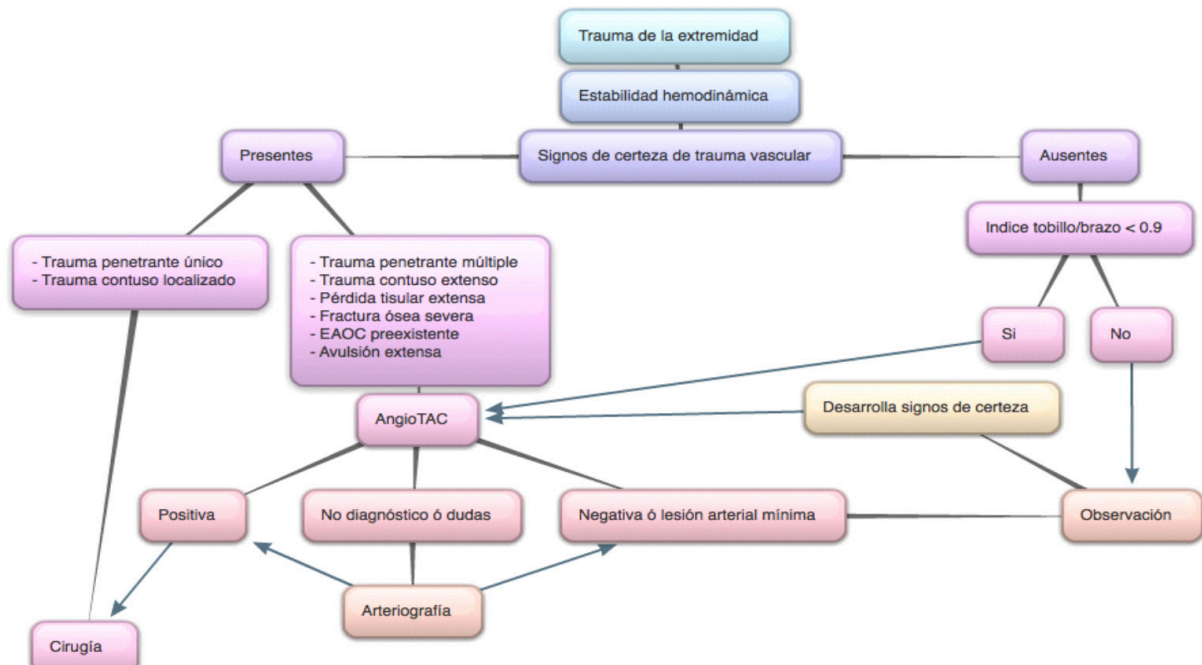


Figura 3. Algoritmo para trauma de extremidad, adaptado del protocolo de Hospital San Vicente Fundación. EAOC Enfermedad arterial obstructiva crónica.

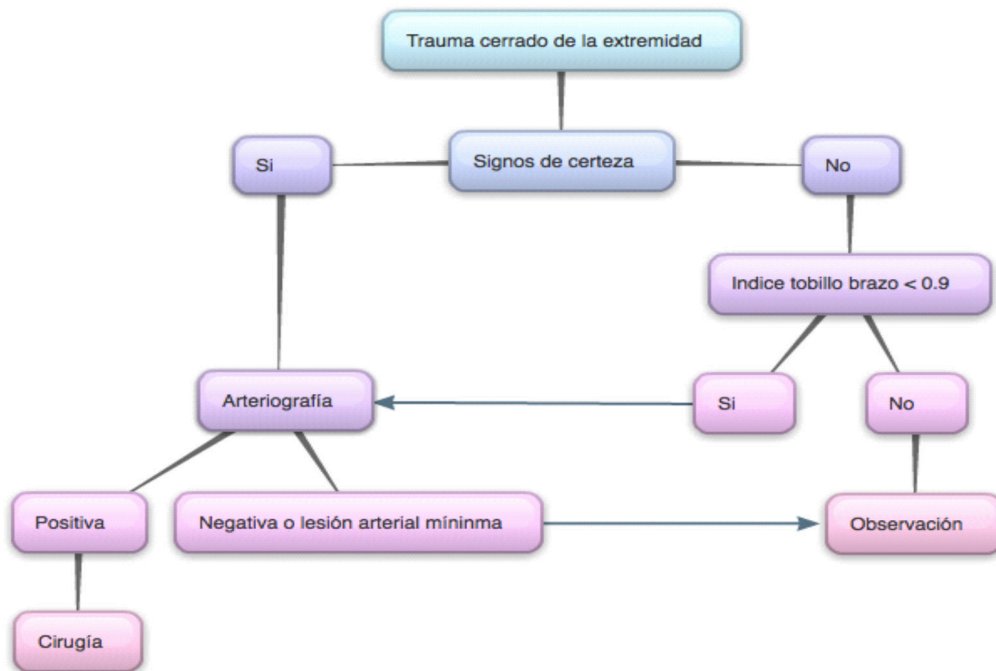


Figura 4. Algoritmo para trauma cerrado de extremidad, adaptado del protocolo de trauma cerrado en extremidad realizado en el Hospital San Vicente Fundación.

mografía tiene una sensibilidad del 95% al 100% y una especificidad del 87% al 100%. Comparado con la arteriografía es un método diagnóstico más costo-efectivo y tiene menos morbilidad, en varios estudios, incluyendo el descrito anteriormente, hubo un 100% de concordancia con los hallazgos operatorios⁴⁰.

Además, dentro de las ventajas encontradas, describen una buena concordancia interobservador. Solo puede haber dificultades diagnósticas en caso de presencia de artefactos por destellos de cuerpos extraños, seudotrombos y por movimiento. Por otro lado, las lesiones venosas pueden no ser diagnosticadas al no realizar este estudio con fase venosa, por inadecuada inyección del contraste y estados de bajo gasto cardiaco que pueden hacer que el contraste no llegue adecuadamente a la lesión⁴⁰. En los casos descritos, o cuando hay dudas en la imagen, se debe confirmar o descartar la lesión por medio de la arteriografía, por lo tanto, esta es la única indicación de utilizar este método diagnóstico en el servicio de urgencias.

La arteriografía (cuya sensibilidad es 97% a 100% y especificidad entre 90% y 98%) era la prueba de referencia, sin embargo, es un examen con mayores costos, requiere más tiempo para su realización, exige personal entrenado y tiene la desventaja de ser invasivo^{39,40}.

MANEJO NO QUIRÚRGICO EN URGENCIAS

El manejo inicial del paciente aparece resumido en la Figura 5.

Se resalta la importancia del control temprano del sangrado sumado al manejo de otras lesiones, posiblemente amenazantes para la extremidad y la vida. Por su parte, la analgesia es fundamental para mantener tranquilo al paciente, la hipotermia perpetúa la coagulopatía y, por tanto, debe prevenirse, y la reducción temprana de fracturas y luxaciones puede mejorar la perfusión de la extremidad⁴¹.

La reanimación hemostática se refiere a la reanimación temprana con derivados sanguíneos (glóbulos rojos empacados, plasma fresco congelado, plaquetas, crioprecipitado) restringiendo el uso de líquidos endovenosos de tipo cristaloides^{42,43}. Esta se utiliza en pacientes con sangrado masivo, pues se ha visto que el uso temprano de los productos sanguíneos mejora la coagulopatía y la hipotermia del paciente comparado con el uso de cristaloides, de esta manera se incide de forma positiva sobre la llamada triada de la muerte (acidosis-coagulopatía-hipotermia)⁴⁴⁻⁴⁹.

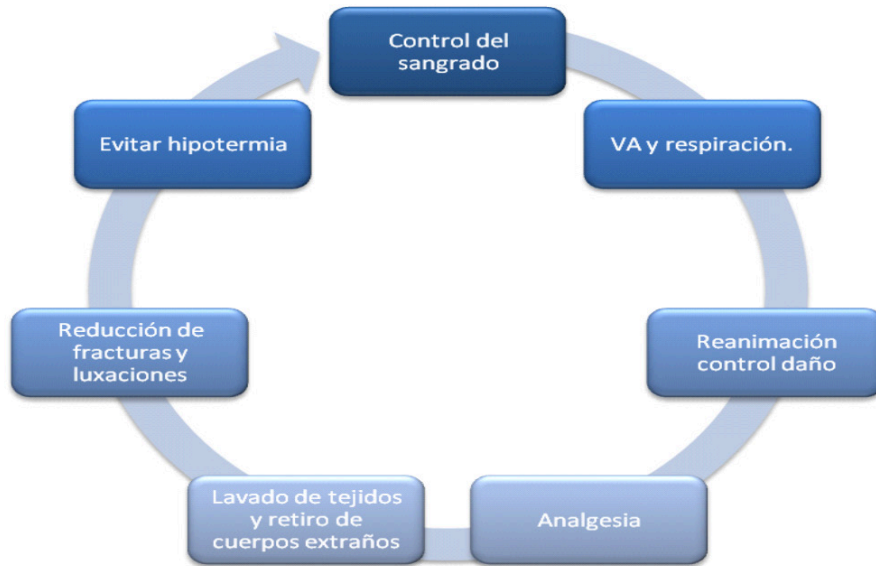


Figura 5. Fases del tratamiento del paciente con trauma vascular de extremidades.

Uno de los estudios más grandes respecto a la reanimación hemostática aplicada a los pacientes con trauma vascular en extremidades, fue realizado a los pacientes que consultaron a los hospitales de soporte de combate en Irak y Afganistán entre agosto del 2006 y abril del 2011. Fue un estudio retrospectivo que incluyó 497 pacientes que tenían un índice de severidad de trauma (promedio de 17). En estos pacientes se observó que los parámetros vitales, la acidosis y la coagulopatía mejoraron significativamente posterior al inicio de la reanimación hemostática, además la sobrevivencia fue de 99,1% con una tasa de amputación de 14%. La conclusión general del estudio es que en pacientes con lesiones severas la reanimación hemostática más el manejo quirúrgico adecuado permite salvar la vida y la extremidad⁵⁰.

Otras terapias “*off label*” que se han utilizado en estos pacientes son la reanimación hipotensiva, con el fin de disminuir el sangrado y el uso de factor VIIa, sin embargo, al respecto se necesitan más estudios para poder recomendar su uso generalizado en los pacientes con trauma vascular⁵¹.

Por último, es importante recordar que estos pacientes se encuentran en riesgo de presentar un síndrome compartimental, por lo que es importante vigilar en el servicio de urgencias la aparición de signos y síntomas que lo sugieran. Dentro de los pacientes en riesgo se encuentran: pacientes con lesión vascular combinada (arteria-vena), fractura abierta asociada a trauma vascular en miembro inferior (especialmente tibia), luxación de rodilla y la lesión de vasos poplíteos, lesiones proximales

por encima de la rodilla o distales por debajo de ella y gran daño de tejidos blandos⁵².

Los síntomas del síndrome compartimental son muy conocidos: dolor intenso, presión, parestesias, parálisis, ausencia de pulsos, palidez, dolor a los movimientos pasivos. Estos síntomas, sin embargo, suelen ser tardíos por lo que es importante valorar signos sutiles como cambios en la intensidad del dolor o entumecimiento de la extremidad⁵²⁻⁵⁵.

Uno de los principales errores en el diagnóstico del síndrome compartimental es la falta de sospecha del mismo, al igual que la falta de monitoreo de las personas con factores de riesgo. La falta de sospecha puede estar en relación con que esta entidad puede ocurrir con presiones bajas del compartimento, especialmente en pacientes hipotensos, el no evaluar adecuadamente las extremidades cubiertas y suponer que el síndrome compartimental no puede ocurrir si hay uno o más compartimentos abiertos (como es el caso de las fracturas abiertas o heridas). Por lo tanto, la sospecha clínica con estos pacientes y las revisiones frecuentes son fundamentales para prevenir esta complicación⁵⁶⁻⁵⁸.

CONCLUSIÓN

La identificación del trauma vascular de extremidades y su manejo inicial está a cargo del personal que tiene contacto con el paciente lesionado, tanto en el ambiente prehospitalario como hospitalario, sin olvidar que el control de la hemorragia, en caso de ser esta evidente,

debe ser el primer paso a tener en cuenta, sobre todo en casos en los que no se ha instaurado el choque, dado que esto impacta marcadamente en la morbimortalidad.

Hay varios métodos a tener en cuenta a la hora de realizar medidas hemostáticas, desde la compresión local manual, hasta el uso de torniquetes bajo condiciones específicas, el uso de cristaloides y hemoderivados. La angiogramía es hoy en día la prueba de referencia para el diagnóstico de las lesiones vasculares de extremidades, cuando están indicadas según lo referenciado previamente.

No se debe olvidar que el manejo definitivo de estos pacientes, cuando presentan signos duros y se encuentran inestables hemodinámicamente, es quirúrgico.

Por último, es necesario tener en cuenta que se puede impactar de forma positiva al reconocer complicaciones como el síndrome compartimental de forma temprana.

DECLARACIÓN DE CONFLICTO DE INTERESES

Los autores declaran no tener ningún conflicto de interés.

REFERENCIAS

1. Rich NM, Rhee P. An historical tour of vascular injury management. *Sur Clin North Am* 2001; 81(6):1199–1215.
2. Hafiz S, Zubowicz EA, Abouassaly C, Ricotta JJ, Sava JA. Extremity vascular injury management: Good outcomes using selective referral to vascular surgeons. *Am Surg*. 2018; 84(1):140-143.
3. Diamond S, Gaspard D, Katz S. Vascular injuries to the extremities in a suburban trauma center. *Am Surg* 2003; 69:848e51.
4. Van der Sluis CK, Kucey DS, Brennenman FD, et al. Long- term outcomes after upper limb arterial injuries. *Can J Surg* 1997; 40:265e70.
5. DeBakey ME, Simeone FA: Battle injuries of the arteries in World War II: An analysis of 2,471 cases. *Ann Surg* 1946; 123:534–579.
6. Jahnke EJ, Seeley SF: Acute vascular injuries in the Korean War. *Ann Surg* 1953; 138:158–177.
7. Rich NM, Baugh JH, Hughes CW: Acute arterial injuries in Vietnam: 1,000 cases. *J Trauma* 1970; 10:359–369.
8. Beekley AC: United States military surgical response to modern large-scale conflicts: the ongoing evolution of a trauma system. *Surg Clin North Am* 2006; 86:689–709.
9. Morales CH, Sanabria AE. Vascular trauma in Colombia: experience of a level I trauma center in Medellín. *The Surgical Clinics of North America*; 2002: 82(1):195-210.
10. Mejía JH, Puentes FE, Ciro JD, Morales C. Hemorragia y trauma, avances del estudio CRASH2 en Colombia. *Rev Colomb Cir* 2009; 24:175-183.
11. García G. Trauma vascular de las extremidades. En: Morales CH, Isaza LF. *Cirugía, trauma. Medellín: Editorial Universidad de Antioquia* 2004: 573–580.
12. Bogdan Y, Helfet DL. Use of Tourniquets in Limb Trauma Surgery. *Orthop Clin North Am*. 2018; 49(2):157-165.
13. Forero L, González J, Bohórquez G, Carreño P, et al. Datos para la vida. Instituto Nacional de Medicina Legal y Ciencias Forenses. Bogotá, Colombia: Forensis; 2007.
14. Ordóñez CA, Botache WF, Pino LF, Badiel M, et al. Experiencia en dos hospitales de tercer nivel de atención del suroccidente de Colombia en la aplicación del Registro Internacional de Trauma de la Sociedad Panamericana de Trauma. *Rev Colomb Cir* 2013; 28:39-47.
15. Clouse WD. In-theater management of vascular injury: 2 years of the Balad Vascular Registry. *J Am Coll Surg* 2007; 204:625-632.
16. Peitzman A, Rodhes M, Schwab CW, Yealy D, Fabian TC. Trauma y cirugía de cuidado intensivo. *Manual de Trauma. Segunda ed. Lippincott Williams & Wilkins Publishers*; 2002. p. 1-5.
17. Cohen JI. Soporte dirigido en trauma. Medellín: Editorial Universidad CES 2013.
18. Weaver FA, Hood DB, Yellin AE. Vascular injuries of the extremities. Rutherford RB. *Vascular Surgery*. Philadelphia: Saunders Company; 2000: 862-871.
19. Kerby JD, Cusick MV. Prehospital emergency trauma care and management. *Surg Clin N Am* 2012; 92:823–841.
20. Kragh JF. Survival with emergency tourniquet use to stop bleeding in major limb trauma. *Ann Surg* 2009; 249:1-7.
21. Rasmussen TE. Vascular trauma: Military, Rutherford's *Vascular Surgery*, 7th ed. 2010:2501-2516.
22. Kragh JF. Battle casualty survival with emergency tourniquet use to stop bleeding. *The Journal of Emergency Medicine*, 2011; 41(6):590–597.
23. Teixeira PG, Brown CV, Emigh B, Long M. Civilian. Prehospital tourniquet use is associated with improved survival in patients with peripheral vascular injuries. *J Am Coll Surg* 2018; 1072-7515(18):30101-30107.

24. Welling DR, Burris DG, Hutton JE, Minken SL, Rich NM. A balanced approach to tourniquet use: Lessons learned and relearned. *J Am Coll Surg* 2006; 203(1):106-115.
25. Doyle GS, Taillac PP: Tourniquets: A review of current use with proposals for expanded prehospital use. *Prehospital emergency care* 2008; 12:241-256.
26. Kragh JF, Walters TJ, Baer DG, et al. Survival with emergency tourniquet use to stop bleeding in major limb trauma. *Ann Surg* 2009; 249:1-7.
27. Kragh JF Jr, O'Neill ML, Walters TJ, Jones JA. Minor morbidity with emergency tourniquet use to stop bleeding in severe limb trauma: research, history, and reconciling advocates and abolitionists. *Mil Med* 2011; 176(7):817-823.
28. Beekley A, Sebesta J, Blackburne LH. Prehospital tourniquet use in Operation Iraqi Freedom: Effect on hemorrhage control and outcomes *J Trauma Acute Care Surg* 2008; 64:S28-S37.
29. King D, Wilden G, Kragh J, Blackburne LH. Forward assessment of 79 prehospital battlefield tourniquets used in the current war. *J Spec Oper Med* 2012; 12:33-38.
30. Inaba K, Siboni S, Resnick S. Tourniquet use for civilian extremity trauma *J Trauma Acute Care Surg* 2015; 79:232-237.
31. Guzmán F. Trauma vascular periférico. Ministerio de la Protección Social: Guías para el manejo de urgencias, tomo I. Bogotá: Editorial Kimpres 2003: 304–311.
32. Brunet P. Actualización en el tratamiento del traumatismo vascular. *Rev Cubana Med Milit* 1999; 28(2):135-142.
33. Itani KM, Rothenberg SS, Brand ML, Burch JM, et al. Emergency center arteriography in the evaluation of suspected peripheral vascular injuries in children. *J Pediatric Surg* 1993; 28(1):677.
34. Hernández W. Choque en el herido de guerra. *Rev Cubana Med Milit* 1999; 28(2):114-119.
35. Hafez H, Woolgar J, Robbs J. Cogger extremity arterial injury: Results of 550 cases and review of risk factors associated with limb loss *J Vasc Surg* 2001; 33:1212-1219.
36. Cunningham P. Management of vascular trauma *Journal of the national medical association*, 1987; 79(7):721-725.
37. Rozycki GS, Tremblay LN, Feliciano DV, Mc Clelland WB. Blunt vascular trauma in the extremity: Diagnosis, management and outcome. *J trauma* 2003; 55: 814-824.
38. Wallin D, Yaghoubian A, Rosing D, Walot I, Chauvapun J, de Virgilio C. Computed tomographic angiography as primary diagnostic modality in penetrating lower extremity vascular injuries: a level I trauma experience. *Ann Vasc Surg* 2011; 25:620-623.
39. Reuben B, Whitten M, Sarfati M, Kraiss L. Increasing use of endovascular therapy in acute arterial injuries: analysis of the National Trauma Data Bank *J Vasc Surg* 2007 (46):1222-1226.
40. Patterson BO, Holt PJ, Cleanthis M, Tai N, Carrell T, Loosermore TM. Imaging vascular trauma. *British Journal of Surgery* 2012; 99:494–505.
41. Rush RM Jr, Arrington ED, Hsu JR. Management of complex extremity injuries: tourniquets, compartment syndrome detection, fasciotomy, and amputation care. *Surg Clin N Am* 2012; 92:987-1007.
42. Kheirabadi B. Evaluation of topical hemostatic agents for combat wound treatment. *US Army Med Dep J* 2011; 23:25-37.
43. Kragh J, Walters T, Baer D. Practical use of emergency tourniquets to stop bleeding in major limb trauma. *J Trauma* 2008; 64:S38-S49.
44. Holcomb JB, Jenkins D, Ehee P, Johannigman J. Damage control resuscitation: Directly addressing the early coagulopathy of trauma. *J Trauma* 2007; 62:307-310.
45. Balasubramaniam S, Teo YX, Chua FH, Cheng JY, Teo LT. Acute Trauma. Coagulopathy: Prevalence and Impact on Outcomes of Trauma Patients Presenting to the Emergency Department. *Ann Acad Med Singapore*. 2018; 47(2):82-84.
46. Mitra B, Cameron PA, Mori A, Fitzgerald M. Acute coagulopathy and early deaths post major trauma. *Injury* 2012; 43:22-25.
47. Davenport R. Pathogenesis of acute traumatic coagulopathy. *Transfusion* 2013; 53:23S-27S.
48. Frith D, Brohi K. The acute coagulopathy of trauma shock: clinical relevance. *Surgeon* 2010; 8:159-163.
49. Lier H, Böttiger BW, Hinkelbein J, Krep H, Bernhard M. Coagulation management in multiple trauma: A systematic review. *Intensive Care Med* 2011; 37:572-582.
50. Dua EA, Patel B, Kragh JF Jr, Holcomb JB. Long term follow up and amputation free survival in 497 casualties with combat-related vascular injuries and damage control resuscitation. *J Trauma Acute Care Surg* 2012; 73:6.
51. D'alleyrand JC, Dutton RP, Pollak AN. Extrapolation of Battlefield Resuscitative Care to the Civilian Setting. *Journal of surgical orthopaedic advances*. 2010; 19(1):62-69.
52. Gómez JC, Morales CH. Fasciotomía profiláctica y síndrome compartimental, ¿existen indicaciones justificables? *Rev Colomb Circ* 2011; 26:101-110.
53. Karaolanis G, Moris D, McCoy CC, Tsilimigras DI, Georgopoulos S, Bakoyiannis C. Contemporary strategies in the management of civilian abdominal vascular trauma. *Front Surg* 2018; 5:7.
54. Martín MJ, Pérez-Alonso AJ, Asensio JA. Vascular complications and special problems in vascular trauma. *Eur J Trauma Emerg Surg*. 2013; 39(6):569-589.

55. Kragh J, San Antonio J, Simmons J, Mace J. Compartment syndrome performance improvement project is associated with increased combat casualty survival. *J Trauma Acute Care Surg* 2013; 74(1):259-263.
56. Velmahos GC, Toutouzas KG. Vascular trauma and compartment syndromes. *Surg Clin of North Am* 2002; 82(1):125-141.
57. Kirk KL, Hayda R. Compartment syndrome and lower-limb fasciotomies in the combat environment. *Foot Ankle Clin* 2010; 15(1):41-61.
58. Gulli B, Templeman D. Compartment syndrome of the lower extremity. *Orthop Clin North Am*. 1994; 25(4):677-684.