

Síndrome compartimental agudo en la baja de combate: una revisión narrativa

García-Cañas R^{a*}, Navarro-Suay R^{b**}, Crego-Vita DM^{b*}, Rodríguez-Moro C^{b*}, Orellana-Gómez-Rico JA^{b*}, Areta-Jiménez FJ^{c***}

Sanid. mil. 2022; 78 (3): 172-177, ISSN: 1887-8571

RESUMEN

Introducción. El síndrome compartimental agudo (SCA) es una complicación frecuente y potencialmente devastadora en las heridas de guerra que afectan a las extremidades, debido principalmente a las lesiones vasculares, óseas y de tejidos blandos frecuentemente asociadas, y a la dificultad para reevaluar a la baja durante su evacuación. El objetivo de esta revisión es analizar la evidencia científica disponible y actualizada sobre el manejo diagnóstico-terapéutico del SCA en la baja de combate. **Material y métodos.** Para la elaboración de este trabajo se ha realizado una búsqueda bibliográfica exhaustiva en las bases de datos: PubMed, Google Scholar, Scopus, ScienceDirect, Scielo y Latindex. Para la selección de artículos, se han establecido como criterios de inclusión que fueran realizados en entornos militares o sobre poblaciones de bajas de combate, escritos en castellano o inglés, y publicados durante los últimos quince años. **Resultados y conclusiones.** En el entorno operativo, el diagnóstico del SCA será fundamentalmente clínico y el tratamiento consistirá en una fasciotomía precoz y completa de todos los compartimentos del miembro afectado, ya que la fasciotomía tardía o incompleta se ha asociado con peores resultados y a un aumento de la morbilidad. La formación continuada en cirugía de guerra ha disminuido las tasas de fasciotomías de revisión.

PALABRAS CLAVE: síndrome compartimental agudo, baja de combate, fasciotomía, cirugía de guerra, Sanidad Militar.

Acute compartment syndrome in combat casualties: a narrative review

ABSTRACT

Introduction. Acute compartment syndrome (ACS) is a frequent and potentially devastating complication of extremity war wounds, mainly due to the frequently associated vascular, bone and soft tissue injuries, and the limit close monitoring during casualty evacuation. The objective of this review is to analyze the available and updated scientific evidence on the diagnostic-therapeutic management of ACS in combat casualty. **Material and Methods.** For the preparation of this work, an exhaustive bibliographic search was carried out in the databases: PubMed, Google Scholar, Scopus, ScienceDirect, Scielo and Latindex. For the selection of articles, inclusion criteria have been established: carried out in military environments or on combat casualties populations, written in Spanish or English, and published during the last fifteen years. **Results and Conclusions.** In the combat zone, the diagnosis is even more heavily weighted toward clinical evaluation and the treatment will consist of a prompt and complete fasciotomy of all compartments of the affected limb, inasmuch as delayed or incomplete fasciotomy has been associated with worse outcomes and increased morbidity and mortality. Pre-deployment training of surgeons has decreased the rate of revision fasciotomies.

KEYWORDS: acute compartment syndrome, combat casualty, fasciotomy, war surgery, Spanish Medical Corps.

INTRODUCCIÓN

El síndrome compartimental agudo (SCA) es una complicación relativamente frecuente y potencialmente devastadora en las

lesiones por arma de fuego o explosivos que afectan a las extremidades. Se caracteriza por un fenómeno de isquemia en los tejidos blandos que se asocia a presiones tisulares elevadas dentro de los compartimentos osteofasciales afectados. Esta entidad en sí es una emergencia quirúrgica, ya que los altos niveles mantenidos de presión intracompartimental comprometen la perfusión capilar y conducen a una necrosis del tejido inducida por hipoxia¹.

Entre otros motivos, el SCA puede ser consecuencia de una fractura, de la propia revascularización de una extremidad isquémica, y en ocasiones también puede asociarse con una lesión por aplastamiento¹. El daño irreversible de los músculos y de las estructuras neurales ocurrirá como consecuencia de unos niveles de hipoxia mantenidos, aunque el periodo más allá del cual el daño se vuelve permanente dependerá, fundamentalmente, del tipo de tejido y de los niveles de presión intracompartimental. En consecuencia, un diagnóstico y un tratamiento precoz pueden salvar la extremidad afectada. En contraposición, un diagnóstico erróneo se asocia con una morbilidad significativa derivada

^a Capitán médico

^b Teniente coronel médico

^c General de brigada médico

* Servicio de Cirugía Ortopédica y Traumatología. Hospital Central de la Defensa Gómez Ulla, Madrid (España)

** Servicio de Anestesiología, Reanimación y Terapéutica del Dolor. Hospital Central de la Defensa Gómez Ulla, Madrid (España)

*** Director del Hospital Central de la Defensa Gómez Ulla.

Dirección para correspondencia: Rafael García Cañas. Servicio de Cirugía Ortopédica y Traumatología. Hospital Central de la Defensa Gómez Ulla. Glorieta del Ejército 1. 28047 Madrid. España. garciacanas@icloud.com

Recibido: 13 de septiembre de 2021

Aceptado: 19 de julio de 2022

doi: 0.4321/S1887-85712022000300007

de la necrosis isquémica de los tejidos dentro del compartimento. Además, la descompresión tardía debe evitarse debido a los asociados riesgos de infección y de lesión por reperusión².

En los recientes conflictos de Irak y Afganistán, el patrón de lesión de las bajas de combate, tanto en heridos por arma fuego como por explosivos, se caracterizó por la predominante afectación de las extremidades, principalmente de los miembros inferiores⁶. De manera análoga, el traumatismo grave en las extremidades causado por explosivos ha constituido el patrón de lesión en más del 71 % del total de las heridas de guerra que afectaron a las extremidades de bajas de combate, y en ese sentido, las lesiones por explosivos que afectaron a extremidades fueron el motivo de hasta el 86 % del total de fasciotomías realizadas en bajas de combate^{2,3,7}.

En el medio militar, las heridas de guerra que afectan a los miembros son particularmente susceptibles a la aparición de un SCA debido a que son lesiones que habitualmente asocian un importante daño vascular y una amplia afectación del tejido óseo y de las partes blandas^{3,4}. Esto se incrementa en el entorno operativo, en el que la dificultad en el traslado de las bajas no permite, en numerosas ocasiones, una vigilancia estrecha de la extremidad afectada⁵.

La relevancia de la cirugía ortopédica de control del daño en ambiente militar viene determinada fundamentalmente porque esta constituye hasta casi un tercio de todos los procedimientos quirúrgicos que se realizan sobre heridas de guerra⁸. En un estudio retrospectivo en el que se analizaron 51.159 procedimientos de cirugía ortopédica realizados en el conjunto de formaciones sanitarias de tratamiento con capacidad quirúrgica estadounidenses desplegadas en operaciones entre los años 2002 y 2016, el desbridamiento de fracturas abiertas, la fasciotomía, la amputación y la fijación externa representaron dos tercios (66,1 %) de todo el volumen quirúrgico ortopédico, siendo la fasciotomía el procedimiento quirúrgico más frecuentemente realizado⁹. De hecho, varios autores han determinado una incidencia estimada de presencia de fasciotomías hasta en el 15 % de todas las bajas de combate que requirieron una evacuación estratégica^{2,10}.

Aunque la incidencia del SCA en la baja de combate es aún desconocida, el destacable papel de la fasciotomía como herramienta de tratamiento en la cirugía ortopédica de combate moderna, nos ha motivado la realización de esta revisión narrativa. El objetivo de este trabajo es realizar una actualización en el manejo diagnóstico y terapéutico del SCA en el ámbito militar con base en una revisión de la literatura reciente.

MATERIAL Y MÉTODOS

Para la elaboración de este trabajo se ha realizado una revisión narrativa mediante una búsqueda bibliográfica exhaustiva en las bases de datos y motores de búsqueda: PubMed, Google Scholar, Scopus, ScienceDirect, Scielo y Latindex.

Para la búsqueda de los artículos científicos, las palabras clave empleadas fueron las siguientes: *acute compartment syndrome, fasciotomy, combat casualty, military*.

Se seleccionaron aquellos manuscritos que estudiaran el tema del SCA, y se han tenido en cuenta los siguientes criterios de inclusión para la selección de los artículos: realizados en entornos militares o sobre poblaciones de bajas de combate, escritos en castellano o inglés, y publicados durante los últimos quince años.

ETIOPATOGENIA DEL SÍNDROME COMPARTIMENTAL AGUDO

El SCA es un cuadro clínico de inicio brusco que se establece cuando la presión tisular en el interior de un compartimento osteofascial aumenta hasta ocluir la circulación capilar, provocando un compromiso de la microcirculación¹¹. Esta situación isquémica, si no se revierte, provocará una necrosis muscular y nerviosa en el compartimento afecto produciendo un compromiso posterior de la función de las estructuras contenidas en el mismo, o lo que se conoce como *contractura isquémica de Volkmann*¹². A su vez, la necrosis muscular conllevará la liberación de toxinas al torrente circulatorio que pueden llegar a ocasionar desde una insuficiencia renal hasta el fallo multiorgánico, y en ocasiones, la muerte¹³.

Entre los diferentes mecanismos de lesión asociados a la aparición del SCA se han descrito¹⁴ las fracturas abiertas y cerradas; las lesiones penetrantes, por aplastamiento o compresión¹⁵, vasculares y por inyección; la reperusión de una extremidad tras la reparación de una lesión vascular; y las quemaduras.

Las localizaciones anatómicas más comunes de desarrollo de un SCA son la pierna y el antebrazo, seguidas del pie, la mano, y en menor medida el muslo¹⁶, aunque también se han descrito casos de SCA en lugares como la región glútea, el abdomen o la musculatura paravertebral¹⁷. Cuando el SCA afecta a la pierna, el compartimento anterior suele afectarse entre el 62 % y el 96 % de las veces, siendo el único compartimento afectado entre el 29 % y el 48 % de los casos¹⁸.

En particular, en la región anatómica del pie existe una relación compleja entre la energía liberada en el momento de la lesión y el desarrollo del SCA (Figura 1). Para Kirk et al., la magnitud del daño tisular inherente a las heridas de guerra provocadas por explosivos y proyectiles de alta velocidad, coloca a las bajas con lesiones en el pie en un elevado riesgo de desarrollar un SCA¹⁹.

Entre los principales factores descritos para el desarrollo de un SCA se encuentran la gravedad de las lesiones en las extremidades, especialmente de aquellas que afectan a los vasos, y la gravedad general de las lesiones de los heridos, en particular el shock⁵.

Otro factor a tener en cuenta es el uso del torniquete. Si bien, el empleo del torniquete de emergencia en el ambiente civil se encuentra muy limitado, la evidencia científica apoya su uso para el control de la hemorragia en bajas de combate²⁰⁻²². Sin embargo, y aunque la reciente incorporación sistemática de torniquetes en los botiquines individuales de cada combatiente parece haber mejorado las tasas de supervivencia en el campo de batalla^{23,24}, su uso generalizado se ha visto asociado a un aumento de posibles efectos negativos. Para Kragh et al., el marcado incremento en el número de fasciotomías realizadas en bajas de combate con lesiones en extremidades observado entre los años 2003 y 2006 parece estar relacionado con tres factores fundamentales: el aumento en las puntuaciones en los índices de gravedad, el uso más frecuente de torniquetes, y una mayor concienciación de la necesidad de realizar fasciotomías profilácticas¹⁰.

Un aspecto de especial atención en el ámbito militar son las aeroevacuaciones médicas²⁵, las cuales se asocian a factores estresantes tales como la hipobaría, la hipoxia, las vibraciones, y los mecanismos de aceleración y desaceleración que, en teoría,

podrían aumentar la probabilidad de desarrollar un SCA, exacerbar las presiones intracompartimentales o acelerar su presentación. De hecho, estudios experimentales con modelos animales han postulado que el entorno hipobárico podría incrementar el riesgo de desarrollar un SCA²⁶. No obstante, en recientes estudios militares realizados sobre aeroevacuaciones estratégicas de bajas de combate, no se ha encontrado relación entre la altitud del vuelo² o el tiempo de traslado²⁷ y el desarrollo de un SCA.

EVALUACIÓN Y PRUEBAS DIAGNÓSTICAS

El edema tisular secundario a una lesión alcanza su punto máximo a las 24-48 horas tras el traumatismo, pero se recomienda que la vigilancia se mantenga, al menos, durante la primera semana, especialmente en aquellos casos que requieran procedimientos quirúrgicos secuenciales, una reanimación continuada o ante la presencia de fenómenos de isquemia-reperusión⁵.

La clínica del SCA viene definida por las "five P's": *pain*, *pallor*, *pulseless*, *paresthesias* y *paralysis* (dolor, palidez, ausencia de pulsos, parestesias y parálisis). No obstante, el dolor desproporcionado y el dolor causado por el estiramiento pasivo de los músculos se consideran los hallazgos clínicos más significativos y sensibles para el diagnóstico de un SCA en desarrollo²⁷, los cuales a menudo se pueden encontrar ausentes en bajas de combate con una alteración de su nivel de conciencia, que hayan recibido sedación intensa, que hayan precisado medidas de ventilación mecánica⁵, o anestesia regional²⁹.

Se considera que la palpación de un compartimento a tensión es un hallazgo específico pero poco sensible y muy subjetivo, y en ocasiones complejo de valorar como en el caso del compartimento profundo de la pierna. Por otro lado, la parálisis y las parestesias son poco útiles de forma aguda, ya que también pueden aparecer como consecuencia de un traumatismo neural directo. Igualmente, la ausencia de pulsos suele aparecer de forma tardía, y en ocasiones se puede encontrar enmascarada por una lesión arterial o un hematoma expansivo en la extremidad.

En el entorno militar, incluso en aquellas bajas con un nivel de conciencia alterado, existe poco lugar para la monitorización de la presión intracompartimental debido fundamentalmente a los prolongados tiempos de evacuación, y a las dificultades para realizar una observación regular y una adecuada técnica de la misma³⁰. De hecho, hasta la fecha no se ha demostrado que la monitorización de la presión sea más precisa que la monitorización clínica³¹. Por tanto, como la medición de la presión intracompartimental presenta numerosas limitaciones, y siguiendo las guías de práctica clínica del *Joint Trauma System* (JTS) su uso de forma rutinaria se ha desaconsejado en el entorno operativo^{5, 32, 33}. Nuevas tecnologías, como el empleo de la monitorización en tiempo real de los cambios en la saturación regional de oxígeno son cada vez más habituales en zona de operaciones³⁴, y parecen mostrar su utilidad en la valoración diagnóstica y terapéutica del SCA utilizando métodos no invasivos^{35, 36}.

Osborn y Schmidt han tratado de abordar la cuestión de si las técnicas anestésicas neuroaxiales pueden afectar el diagnóstico de SCA en pacientes conscientes, ya que pueden enmascarar los síntomas clínicos²⁹. En su trabajo de revisión realizado para la *American Academy of Orthopaedic Surgeons* y el *Major*

Extremity Trauma and Rehabilitation Consortium no encontraron ninguna referencia literaria que abordara este escenario, y la opinión de los autores es que la anestesia neuroaxial puede complicar el diagnóstico clínico del SCA. Ambos autores recomiendan que, si se administra anestesia neuroaxial en un paciente con riesgo de desarrollar un SCA, se debe realizar una monitorización estrecha y frecuente del miembro afectado²⁸. Por su parte, Clasper y Aldington consideran que las técnicas de anestesia regional si pueden tener cabida en el manejo anestésico y analgésico de la baja de combate en formaciones de tipo Role 2 o Role 3, teniendo en cuenta en todo momento el posible desarrollo de un SCA, y siempre y cuando exista un acuerdo entre el cirujano y el anestesiólogo³³.

EL PAPEL DE LA FASCIOTOMÍA

Como norma general, la fasciotomía, en escenarios militares o en cualquier situación en la que se prevea una evacuación prolongada, se debe realizar ante cualquier sospecha clínica o cuando la baja presente un riesgo potencial significativo de desarrollar un SCA²⁸ (Figura 2), y esta debe implicar la liberación completa de la piel y de la fascia de todos los compartimentos de la extremidad que se somete a descompresión², de hecho, las técnicas de liberación del espesor completo de la piel y la fascia presentan resultados superiores a las fasciotomías limitadas⁵. En este sentido, Clasper et al. proponen una serie de recomendaciones basadas en siete puntos de acción³⁰: (1) la fasciotomía debe llevarse a cabo tan pronto como se haya establecido el diagnóstico; (2) realizando la descompresión quirúrgica de todos los com-



Figura 1. SCA en pie tras herida por arma de fuego atendido en el Role 4 español. Nota: fotografía del autor.



Figura 2. Fasciotomía descompresiva realizada en una baja de combate atendida en el Role 2 español desplegado en Herat, Afganistán. Nota: fotografía del autor.

partimentos; (3) mediante incisiones de longitud completa; (4) habiendo marcado sobre la piel con un rotulador estéril la localización de las incisiones quirúrgicas, y su posible extensión; (5) reduciendo y estabilizando las fracturas asociadas; (6) evitando una exposición innecesaria del tejido óseo; (7) y teniendo en consideración una posible reconstrucción quirúrgica posterior.

Ocasionalmente, las bajas de combate pueden llegar a presentar cuadros de SCA de prolongada duración (superiores a 12 horas) debidos, entre otros posibles motivos, al retraso en los tiempos de evacuación. Ante esta situación clínica, la cual se encuentra asociada con un riesgo notablemente mayor de complicaciones, incluyendo un aumento en la mortalidad y en la tasa de infecciones³⁷, se recomienda el tratamiento mediante una adecuada reanimación, la alcalinización urinaria, el empleo de manitol o facilitar terapia intensiva, si fuera preciso³⁸. De hecho, este manejo conservador parece presentar mejores resultados que la fasciotomía en aquellos heridos con lesiones cerradas por aplastamiento³⁷. Por lo tanto, en aquellos SCA con más de 12 horas de isquemia caliente, con una musculatura no viable, se desaconseja la realización de manera rutinaria de una fasciotomía³⁸.

En un estudio en el que se revisaron a 336 militares estadounidenses a los que se les había realizado alguna fasciotomía entre los años 2005 y 2006, encontraron una tasa de fasciotomías de revisión del 22 %, y aquellas fasciotomías que precisaron una revisión quirúrgica con mayor prevalencia fueron las realizadas en la pierna y el antebrazo. Siendo los procedimientos de revisión más frecuentes realizados la extensión de las incisiones fasciales y la descompresión de los compartimentos sin abrir². Este retraso en el tratamiento, y la necesidad de realizar una fasciotomía de revisión en bajas de combate, se han asociado con un significativo aumento en las tasas de amputación mayor de extremidades, y con una mortalidad cuatro veces mayor en comparación con las bajas en las que se realizaron fasciotomías tempranas².

Tras el establecimiento del *U.S. Joint Theater Trauma System* en el año 2004, el número de fasciotomías realizadas se duplicó en el año 2005 hasta alcanzar una tasa de incidencia de 116,6 por cada 1.000 bajas de combate con lesiones en extremidades susceptibles de desarrollar un SCA³⁹. Posteriormente, en el

año 2007 el *US Army Institute of Surgical Research* desarrolló un programa educativo enfocado a subsanar los déficits de formación de sus cirujanos militares con respecto al diagnóstico y al tratamiento del SCA⁴⁰, y en el año 2008 el JTS publicaría, por primera vez, la guía de práctica clínica: *Acute Extremity Compartment Syndrome and the Role of Fasciotomy in Extremity War Wounds*⁵. Consecuentemente, entre los años 2006 y 2008, la tasa de SCA se redujo de un 55,7 en el año 2006 al 9,8 en el 2008, mientras que la tasa de fasciotomías realizadas se mantuvo por encima de un 70 por 1.000 en todos los años³⁹.

El resultado de la implementación de este plan integral de formación ha conseguido una reducción aproximada del 40 % en la incidencia del SCA en la baja de combate³⁹, y ha permitido obtener una tasa más alta de supervivencia, la realización de un mayor número de fasciotomías y la necesidad de menos revisiones quirúrgicas⁴⁰, de hecho durante el desarrollo de los conflictos en Afganistán e Irak, las tasas anuales de fasciotomías comenzaron siendo del 0 % en el año 2001 y aumentaron hasta alcanzar un 26 % en el año 2010⁴¹.

De forma similar, desde hace varios años y con una periodicidad anual, en el Hospital Central de la Defensa «Gómez Ulla» se imparte el «Curso de cirugía de guerra y grandes catástrofes» en el que se incluye un capítulo sobre el SCA y la fasciotomía descompresiva. Si bien los modelos de animales de experimentación (*Sus scrofa* domésticos) que se utilizan en la parte práctica del curso no son apropiados para la realización de este tipo de técnica quirúrgica, se está pensando en incluir modelos inanimados o cadáveres de especímenes humanos que permitan una adecuada instrucción del personal en la realización de fasciotomías descompresivas en las extremidades.

Aunque no existen estudios sobre la experiencia en la realización de fasciotomías por facultativos sin formación quirúrgica, algunas publicaciones recientes consideran que los sistemas de telemedicina y teleasistencia quirúrgica podrían convertirse en herramientas potencialmente útiles para la realización de fasciotomías en ambientes austeros por parte de personal no entrenado en técnicas quirúrgicas^{42,43}.

Además, como ya hemos comentado con anterioridad, la valoración clínica por parte del cirujano es fundamental, no solo en el momento de la atención inicial a la baja, si no estableciendo un posible pronóstico evolutivo en términos de probabilidades de desarrollar un SCA. De ese modo y con el objetivo de minimizar la incidencia de falsos negativos durante la valoración inicial a la baja de combate, Kirk et al. recomiendan la realización de fasciotomías profilácticas ante cualquier signo clínico de SCA previo a cualquier traslado de la baja en medio aéreo¹⁹.

Aunque el empleo de la fasciotomía precoz de manera profiláctica se ha considerado un elemento fundamental para prevenir el desarrollo de un SCA después de la revascularización de una extremidad en bajas con lesiones vasculares⁴⁴, en un estudio en que se analizaron 515 bajas de combate con alguna lesión vascular en las extremidades inferiores, la realización de fasciotomías no se asoció con una mejoría en la supervivencia de la extremidad, y en cambio se relacionó con el desarrollo de complicaciones locales. Para Kauvar et al., la fasciotomía no es considerada un elemento determinante en el manejo quirúrgico de las bajas de combate con lesiones arteriales en los miembros inferiores, y sugieren que la fasciotomía profiláctica precoz debe

realizarse con una cuidadosa consideración entre la posibilidad de prevenir un SCA y el aumento de morbilidad que provoca el procedimiento en sí mismo⁴⁵.

QUEMADURAS

La presencia de lesiones por quemadura en la baja de combate se ha visto relacionada con un aumento en la realización de procedimientos de fasciotomía². La necesidad de realizar una escarotomía o fasciotomía generalmente se presenta entre las primeras seis y veinticuatro horas tras la lesión por quemadura. Si no se identifica la necesidad de cualquiera de estos procedimientos dentro de las primeras veinticuatro a cuarenta y ocho horas, es probable que la vascularización de la extremidad siga siendo adecuada sin necesidad de intervención quirúrgica⁴⁶.

En cualquier quemadura circunferencial de una extremidad (incluidos los dedos), la monitorización estrecha es determinante. Se recomienda elevar la extremidad entre 35-40° para disminuir el edema, muy especialmente durante los periodos de traslado. Como normal general, en las extremidades con quemaduras, la presencia de pulso palpable a nivel radial, pedio y tibial posterior es suficiente para descartar un SCA, siempre que no existan lesiones por quemadura distales a estos pulsos. La pérdida o disminución del pulso debe motivarnos hacia la consideración de la descompresión quirúrgica mediante escarotomías o fasciotomías⁴⁶.

La escarotomía se realiza habitualmente en el contexto de una quemadura circunferencial de espesor total. Consiste básicamente en realizar una incisión en la piel y en el tejido celular subcutáneo, pero sin incidir sobre la fascia, y por lo general, y junto con una adecuada reposición de volumen, suele ser suficiente para evitar un SCA causado por quemaduras, a menos que exista daño muscular subyacente. En los casos en los que tras la realización de una escarotomía no se consigan reestablecer pulsos distales, se recomienda la realización de una fasciotomía descompresiva de los compartimentos afectados⁴⁶.

CIERRE DE HERIDAS

Tanto la técnica *shoe-lace* con cintas quirúrgicas (*vessel loops*) como los sistemas de terapia V.A.C. (*Vacuum Assisted Closure*), entre otros, son las técnicas para cierre de fasciotomías más empleadas en la actualidad con unos resultados similares. La filosofía común de ambas técnicas, se basa en el concepto de mantener la elasticidad de la piel durante un periodo determinado de tiempo que permita un cierre diferido. Si bien, los procedimientos de aproximación gradual de la herida se han asociado a mejores resultados y a una menor tasa de requerimientos de injertos, las técnicas de cierre asistido por terapia de vacío presentan menores complicaciones⁴⁷.

Otro factor a tener en cuenta es la disponibilidad del material requerido en el ambiente austero y limitado en recursos en el que se desarrollan la mayoría de las operaciones militares. La técnica de cierre *shoelace* únicamente precisará de una grapadora quirúrgica, gasas/compresas y *vessel loops*, materiales fácilmente asequibles y de bajo coste, mientras que los sistemas V.A.C.

requieren de materiales fungibles y altamente específicos, con necesidad de suministro eléctrico, y por tanto con una mayor huella logística.

Por su parte, Singh et al. han descrito su experiencia durante la guerra de Irak en el manejo de once bajas de combate que fueron tratadas de manera consecutiva utilizando un dispositivo dinámico de sutura de heridas para el cierre de incisiones de fasciotomía. Los once sujetos habían presentado un SCA secundario a una lesión penetrante en la pierna y fueron tratados mediante fasciotomías descompresivas de los cuatro compartimentos. A diez de los once pacientes (91 %) se les pudo realizar un cierre primario diferido después de la aplicación del dispositivo. Sin embargo, el seguimiento a largo plazo de este reducido grupo de bajas fue limitado debido a la pronta evacuación estratégica de las bajas⁴⁸. Otros autores como Govaert et al., han propuesto un sistema de cierre de heridas de fasciotomía basado en la dermatocración progresiva mediante el empleo de bridas sujetas a la piel con grapas quirúrgicas. Los buenos resultados observados, el bajo coste del material y su fácil disponibilidad, hacen de esta técnica de cierre un procedimiento adecuado para el entorno militar, como así sugieren los autores⁴⁹.

Aunque en la actualidad continúa existiendo un debate sobre las técnicas óptimas de cierre de las heridas de fasciotomía de las extremidades, como regla general el cierre de las incisiones quirúrgicas de fasciotomías se realizará siempre de forma diferida, ya sea mediante un cierre primario diferido o mediante la cobertura con un injerto cutáneo. Y aunque estos procedimientos secundarios a menudo se asocian con la necesidad de reintervención quirúrgica y una mayor estancia hospitalaria, su realización se aconseja una vez la baja se encuentre estabilizada y en formaciones sanitarias fuera del teatro de operaciones.

CONCLUSIONES

Para el cirujano de guerra, la tendencia actual en el manejo del SCA en la baja de combate debe basarse en tres puntos fundamentales: la intuición para establecer un diagnóstico de sospecha en aquellas heridas por arma de fuego o explosivos que afecten a las extremidades, la necesidad de basar el diagnóstico fundamentalmente en los hallazgos clínicos, y el uso de la fasciotomía descompresiva de manera precoz, con el fin de evitar las terribles consecuencias de un diagnóstico y/o tratamiento tardíos.

La técnica quirúrgica de la fasciotomía descompresiva en el entorno militar debe buscar dos objetivos principales, ser realizada sobre todos los compartimentos del miembro afecto y conseguir una adecuada liberación de los mismos, con el fin de prevenir la necesidad de un procedimiento de revisión y, en definitiva, disminuir la morbilidad y mejorar la atención a la baja de combate.

Los autores de esta revisión consideramos que la instrucción y el adiestramiento en técnicas de cirugía ortopédica del control del daño son un elemento fundamental y un requisito imprescindible para cualquier cirujano militar como parte de su formación continuada como personal sanitario que despliega en operaciones militares en el exterior.

BIBLIOGRAFÍA

- McQueen MM, Gaston P, Court-Brown CM. Acute compartment syndrome. *J Bone Joint Surg Br.* 2000; 82(2):200–3.
- Ritenour AE, Dorlac WC, Fang R, Woods T, Jenkins DH, Flaherty SF, et al. Complications After Fasciotomy Revision and Delayed Compartment Release in Combat Patients. *J Trauma Acute Care Surg.* 2008; 64(2):S153–62.
- Owens BD, Kragh JF, Macaitis J, Svoboda SJ, Wenke JC. Characterization of extremity wounds in operation Iraqi freedom and operation enduring freedom. *J Orthop Trauma.* 2007; 21(4):254–7.
- Belmont PJ, McCriskin BJ, Hsiao MS, Burks R, Nelson KJ, Schoenfeld AJ. The Nature and Incidence of Musculoskeletal Combat Wounds in Iraq and Afghanistan (2005-2009). *J Orthop Trauma.* 2013; 27(5):e107–13.
- Gordon WT, Talbot M, Shero JC, Osier CJ, Johnson AE, Balsamo LH, et al. Acute Extremity Compartment Syndrome and the Role of Fasciotomy in Extremity War Wounds. *Mil Med.* 2018; 183(9/10):108–11.
- García Cañas R, Navarro Suay R, Rodríguez Moro C, Crego Vita D, Bernácer López J, Areta Jiménez F. El patrón de lesión y su relación con el índice de gravedad en la baja de combate. *Sanid Mil.* 2021; 77(1):17–25.
- Covey DC. Blast and Fragment Injuries of the Musculoskeletal System. *J Bone Jt Surg.* 2002; 84(7):1221–34.
- Turner CA, Stockinger ZT, Gurney JM. Combat surgical workload in Operation Iraqi Freedom and Operation Enduring Freedom: The definitive analysis. *J Trauma Acute Care Surg.* 2017; 83(1):77–83.
- Stern A, Stockinger ZT, Todd WE, Gurney JM. An analysis of orthopedic surgical procedures performed during U.S. Combat operations from 2002 to 2016. *Mil Med.* 2019; 184(11–12):813–9.
- Kragh JFJ, Wade CE, Baer DG, Jones JA, Walters TJ, Hsu JR, et al. Fasciotomy Rates in Operations Enduring Freedom and Iraqi Freedom: Association with Injury Severity and Tourniquet Use. *J Orthop Trauma.* 2011; 25(3):134–9.
- Jobe MT. Compartment Syndromes and Volkmann Contracture. In: Azar F, Beaty J, Canale S, (eds.). *Campbell's Operative Orthopaedics.* 13th ed. Philadelphia: Elsevier; 2013. p. 3722–33.
- Volkman R. Die ischaemische muskellahmungen und kontrakturen. *Zentralbl Chir.* 1881; 8:801.
- Hayakawa H, Aldington D, Moore R. Acute traumatic compartment syndrome: a systematic review of results of fasciotomy. *Trauma.* 2009; 11(1):5–15.
- Borden Institute. US Army Medical Department Center and School Health Readiness Center of Excellence. Compartment Syndrome. In: Cubano MA, Butler FK, editors. *Emergency War Surgery.* 5th ed. Fort Sam Houston, Texas: Office of The Surgeon General, United States Army; 2018. p. 491–8.
- Smedick B, van Wyck D. Lower Extremity Compartment Syndrome From Prolonged Limb Compression and Immobilization During an Airborne Operation. *J Spec Oper Med.* 2016; 16(3):5–9.
- Masini BD, Racusin AW, Wenke JC, Gerlinger TL, Hsu JR. Acute compartment syndrome of the thigh in combat casualties. *J Surg Orthop Adv.* 2013; 22(1):42–9.
- Pete Allen L, Jackson Pugh L, Alexander Blau L. Case Study: Acute Lumbar Paraspinal Compartment Syndrome in an Austere Military Environment. *Mil Med.* 2021; 186(1–2):254–7.
- Hope MJ, McQueen MM. Acute Compartment Syndrome in the Absence of Fracture. *J Orthop Trauma.* 2004; 18(4):220–4.
- Kirk KL, Hayda R. Compartment Syndrome and Lower-Limb Fasciotomies in the Combat Environment. *Foot Ankle Clin.* 2010; 15(1):41–61.
- Kragh JF, Walters TJ, Baer DG, Fox CJ, Wade CE, Salinas J, et al. Survival with emergency tourniquet use to stop bleeding in major limb trauma. *Ann Surg.* 2009; 249(1):1–7.
- Kragh JF, Walters TJ, Baer DG, Fox CJ, Wade CE, Salinas J, et al. Practical use of emergency tourniquets to stop bleeding in major limb trauma. *J Trauma.* 2008; 64(2 Suppl):S49–50.
- Beekley AC, Sebesta JA, Blackburne LH, Herbert GS, Kauvar DS, Baer DG, et al. Prehospital tourniquet use in Operation Iraqi Freedom: effect on hemorrhage control and outcomes. *J Trauma.* 2008; 64(2 Suppl):S28–37.
- Brodie S, Hodgetts TJ, Ollerton J, McLeod J, Lambert P, Mahoney P. Tourniquet use in combat trauma: UK military experience. *J R Army Med Corps.* 2007; 153(4):310–3.
- González Alonso V, Usero Pérez MC, Orbañanos Peiro L, Colmenar Jarillo G, Gómez Crespo JM, Hossain López S. ¿Mejora el torniquete la supervivencia del combatiente en zonas en conflicto? *Sanid Mil.* 2015; 71(1):22–8.
- George SM, Hsu JR, Kragh J, Stinner DJ. Documentation of acute compartment syndrome during medical evacuation. *J Surg Orthop Adv.* 2015; 24(1):22–6.
- McGill R, Jones E, Robinson B, Kryzak T, Kadmas W. Correlation of altitude and compartment pressures in porcine hind limbs. *J Surg Orthop Adv.* 2011; 20(1):30–3.
- Maddry JK, Mora AG, Perez CA, Reeves LK, Paciocco JA, Clemons MA, et al. Characterization of Long-range Aeromedical Transport and Its Relationship to the Development of Traumatic Extremity Compartment Syndrome: A 7-year, Retrospective Study. *Mil Med.* 2021; En prensa.
- Osborn PM, Schmidt AH. Management of Acute Compartment Syndrome. *J Am Acad Orthop Surg.* 2020; 28(3):e108–14.
- Davis ET, Harris A, Keene D, Porter K, Manji M. The use of regional anaesthesia in patients at risk of acute compartment syndrome. *Injury.* 2006; 37(2):128–33.
- Clasper JC, Standley D, Heppell S, Jeffrey S, Parker PJ. Limb Compartment Syndrome And Fasciotomy. *J R Army Med Corps.* 2009; 155(4):298–301.
- Janzing HM, Broos PL. Routine monitoring of compartment pressure in patients with tibial fractures: Beware of overtreatment! *Injury.* 2001; 32(5):415–21.
- Kragh JFJ, Kirby J, Ficke JR. Extremity Injury. In: Savitsky E, Eastridge B, editors. *Combat Casualty Care: Lessons Learned from OEF and OIF.* Fort Detrick, Maryland: Office of the Surgeon General Department of the Army, United States of America; 2012. p. 405–13.
- Clasper JC, Aldington DJ. Regional anaesthesia, ballistic limb trauma and acute compartment syndrome. *J R Army Med Corps.* 2010; 156(2):77–8.
- Beilman GJ, Blondet JJ. Near-infrared spectroscopy-derived tissue oxygen saturation in battlefield injuries: a case series report. *World J Emerg Surg.* 2009; 4:25.
- Aedo Martín D, Navarro Suay R, García Cañas R, Fernández-Gayol M, Vethencourt Koiffmann R, Areta Jiménez FJ. Use of Oxygen Tissue Monitoring in Patients With Compartment Syndrome: Two Clinical Cases and Literature Review. *Mil Med.* 2019; 184(5–6):e475–9.
- Reisman WM, Shuler MS, Roskosky M, Kinsey TL, Freedman BA. Use of near-infrared spectroscopy to detect sustained hyperaemia following lower extremity trauma. *Mil Med.* 2016; 181(2):111–5.
- Reis ND, Better OS. Mechanical muscle-crush injury and acute muscle-crush compartment syndrome. *J Bone Jt Surg - Ser B.* 2005; 87(4):450–3.
- Gerdin M, Wladis A, Von Schreeb J. Surgical management of closed crush injury-induced compartment syndrome after earthquakes in resource-scarce settings. *J Trauma Acute Care Surg.* 2012; 73(3):758–64.
- Palm K, Apodaca A, Spencer D, Costanzo G, Bailey J, Fortuna G, et al. Evaluation of military trauma system practices related to complications after injury. *J Trauma Acute Care Surg.* 2012; 73(6 Suppl 5):S465–71.
- Kragh JF, San Antonio J, Simmons JW, MacE JE, Stinner DJ, White CE, et al. Compartment syndrome performance improvement project is associated with increased combat casualty survival. *J Trauma Acute Care Surg.* 2013; 74(1):259–63.
- Kragh JF, Dubick MA, Aden JK, Mckeague AL, Rasmussen TE, Baer DG, et al. U. S. Military Experience From 2001 to 2010 With Extremity Fasciotomy in War Surgery. *Mil Med.* 2016; 181(5):463–8.
- Talbot M, Harvey EJ, Berry GK, Reindl R, Tien H, Stinner DJ, et al. A pilot study of surgical telementoring for leg fasciotomy. *J R Army Med Corps.* 2018; 164(2):83–6.
- Rojas Muñoz E, Cabrera ME, Lin C, Sánchez Tamayo N, Andersen D, Popescu V, et al. Telementoring in Leg Fasciotomies via Mixed-Reality: Clinical Evaluation of the STAR Platform. *Mil Med.* 2020; 185(Suppl 1):513–20.
- Rasmussen T, Stockinger Z, Antevil J, White C, Fernandez N, White J, et al. Wartime vascular injury. *Mil Med.* 2018; 183(suppl_2):101–4.
- Kauvar DS, Staudt AM, Arthurs ZM, Propper BW, Piper LC, Rivera JC, et al. Early Fasciotomy and Limb Salvage and Complications in Military Lower Extremity Vascular Injury. *J Surg Res.* 2021; 260:409–18.
- Driscoll IR, Mann Salinas EA, Boyer NL, Pamplin JC, Serio Melvin ML, Salinas J, et al. Burn casualty care in the deployed setting. *Mil Med.* 2018; 183(suppl_2):162–7.
- Jauregui JJ, Yarmis SJ, Tsai J, Onuoha KO, Illical E, Paulino CB. Fasciotomy closure techniques: A meta-analysis. *J Orthop Surg (Hong Kong).* 2017; 25(1):1–8.
- Singh N, Bluman E, Starnes B, Andersen C. Dynamic wound closure for decompressive leg fasciotomy wounds. *Am Surg.* 2008; 74(3):217–20.
- Govaert GAM, Van Helden S. Ty-raps in trauma: A novel closing technique of extremity fasciotomy wounds. *J Trauma - Inj Infect Crit Care.* 2010; 69(4):972–5.