



Terapia con presión negativa en el tratamiento de heridas por proyectil de arma de fuego en las extremidades

RESUMEN

Antecedentes: el uso de sistemas de presión negativa (Negative Pressure Wound Therapy) o VAC (Vacuum-Assisted Closure), por sus siglas en inglés, se ha convertido en un auxiliar importante en el tratamiento de heridas por traumatismo y lesiones relacionadas con traumatismo musculoesquelético. Los mecanismos de acción de los sistemas de presión negativa incluyen: estabilización de la herida en el medio ambiente, reducción del edema de la herida, mejora en la perfusión tisular, y estimulación de las células en la superficie de la herida. Los sistemas de presión negativa estimulan el tejido de granulación y el proceso de angiogénesis, y pueden mejorar la probabilidad del cierre primario y reducir la necesidad de injertos.

Objetivo: reportar la experiencia con la aplicación del sistema VAC en el tratamiento de heridas por traumatismo por proyectil de arma de fuego.

Material y métodos: estudio observacional, retrospectivo, efectuado del 1 enero de 2011 al 1 de enero de 2014. Se incluyeron pacientes de primer ingreso al Hospital Central Militar con diagnóstico de herida por proyectil de arma de fuego en las extremidades y a quienes se efectuó limpieza quirúrgica y colocación de sistema VAC.

Resultados: se analizaron 28 pacientes (militares en activo) que ingresaron al hospital con herida por proyectil de arma de fuego en las extremidades y a quienes se realizó limpieza quirúrgica y colocación de sistema VAC. El promedio de estancia hospitalaria fue de 82 días (16 a 207 días), 31.7 días (5-46 días) de recepción de esta terapia, con cinco recambios del sistema.

Conclusiones: los efectos de la presión negativa en las heridas incluyen: aumento del flujo sanguíneo alrededor de la lesión, mejoramiento del lecho de la herida para cierre o su cobertura y disminución de las infecciones, entre otras.

Palabras clave: NPWT, VAC, sistemas de presión negativa, heridas por proyectil de arma de fuego.

Negative pressure therapy in the treatment of wounds by gun fire in the extremities

ABSTRACT

Background: The use of negative-pressure wound therapy (NPWT) has been an important adjunct to the management of traumatic wounds and

Teniente Coronel M.C. Isaac Enrique Hernández-Téllez¹

Mayor M.C. Luis Roberto García-Valadez²

Mayor M.C. Ricardo Brian Palmieri-Bouchan³

Mayor M.C. José Luis Sánchez-Arellano³

Mayor M.C. Noé Hernández-Gómez³

¹ Médico especialista en Traumatología y Ortopedia, subespecialista en Artroscopia, jefe de la sala de Alto Impacto, Hospital Central Militar.

² Médico especialista en Traumatología y Ortopedia, jefe de la sala de Alto Impacto, Hospital Regional Militar de Acapulco, Guerrero.

³ Médico residente de la especialidad en Traumatología y Ortopedia, Escuela Militar de Graduados de Sanidad, Hospital Central Militar.

Recibido: 3 de junio 2015

Aceptado: 17 de junio 2015

Correspondencia: Tte. Cor. M.C. Isaac Enrique Hernández Téllez
Hospital Central Militar
Sala de Ortopedia de Columna
Boulevard Manuel Ávila Camacho s/n esquina
Ejército Nacional
11200 México DF
docihernandez@hotmail.com; garciavaladez.luisroberto@gmail.com

Este artículo debe citarse como

Hernández-Téllez IE, García-Valadez LR, Palmieri-Bouchan RB, Sánchez-Arellano JL, Hernández-Gómez N. Terapia con presión negativa en el tratamiento de heridas por proyectil de arma de fuego en las extremidades. Rev Sanid Milit Mex 2015;69:293-300.

surgical incisions related to musculoskeletal trauma. NPWT mechanisms of action include stabilization of the wound environment, reduction of wound edema, improvement of tissue perfusion, and stimulation of cells at the wound surface. NPWT stimulates granulation tissue and angiogenesis and may improve the likelihood of primary closure and reduce the need for free tissue transfer.

Objective: To report the experience with the application of VAC system in the treatment of wounds due to traumatism by gunshot wounds.

Material and method: An observational retrospective study was performed, from January 1st 2011 to January 1st 2014, in which patients, admitted for the first time to the Hospital Central Militar, diagnosed with extremity gunshot wounds and treated with surgical cleaning and VAC system.

Results: 28 patients (active military) who entered to the hospital with gunshot wounds in extremities and were submitted to surgical cleaning and VAC system were analyzed. Mean hospital stay of patients with gunshot wounds treated with VAC system was of 82 days (16-207 days), 31.7 days (5-46 days) receiving this therapy, with five of the system.

Conclusions: NPWT results in an increase in blood flow to the wounds, bettering on wounds for its secondary closure, decrease of infection rates, among others.

Key words: NPWT, VAC, negative pressure systems, gunshot wounds.

ANTECEDENTES

Durante la Guerra Civil de Estados Unidos, la Guerra Hispano-Americana, y las dos guerras mundiales se efectuaron grandes avances en la estabilización hemodinámica de los pacientes, con la introducción de hemocomponentes, antibióticos y técnicas quirúrgicas. Durante el conflicto entre Corea y Vietnam nacieron la cirugía de guerra y la medicina táctica; los cirujanos mejor adiestrados desarrollaron nuevas tácticas para evacuaciones aéreas y establecimiento de escalones médicos.¹⁻⁴

Los sistemas de presión negativa comenzaron a utilizarse en 1940, como un método alternativo para el tratamiento de las heridas; sin embargo,

sólo hasta la década de 1990 lograron popularizarse. En 1989 Chariker ya había descrito una terapia de drenaje con presión negativa con la aplicación de gasas en las heridas, muy similar a lo que propuso Miller, en la Unión Soviética, que estableció las bases de los sistemas de presión negativa. Desde entonces se han desarrollado numerosas versiones de este tratamiento. En 1993, Fleischmann aplicó sistemas de presión negativa a heridas valiéndose de un apósito de espuma durante un periodo prolongado para promover la granulación y cicatrización en 15 pacientes con fracturas abiertas. Este investigador observó que las heridas se recuperaban mejor cuando no cursaban con infección del hueso. En sus estudios previos había conseguido introducir dispositivos de presión negativa dentro de la



herida, con instrumentos de poca complejidad, como un aparato de succión de la pared o frascos de vacío quirúrgicos, que eran imprecisos en el mantenimiento y regulación de los valores de presión negativa.^{3,4,7}

Argenta y Morykwas, en 1997, describieron el uso de un sistema de presión subatmosférica, Vacumm Asisted Clossure (VAC), con una espuma de estructura de poros abiertos que permitía acelerar la cicatrización de las heridas. Morykwas y Argenta realizaron una serie de estudios en animales a los que trataron con sistemas de presión negativa con un apósito de poliuretano que actuaba como un interconector entre la superficie de la herida y el dispositivo que generaba el vacío. Esta espuma era un elemento decisivo y condujo a la empresa Kinetic Concepts a desarrollar un sistema comercial. La estructura regular de poros abiertos de gran tamaño (400-600 μm) en el interior del apósito de espuma de poliuretano, utilizado como parte del sistema, hace que la presión sea la misma en toda la superficie de la herida. Debido a la presión, el volumen de la espuma se reduce, lo que da lugar a la extensión de las células, la contracción de la herida y la eliminación del líquido. Hace poco, otras empresas desarrollaron distintas versiones de este sistema, pero sin esa espuma.^{6,8}

La presión negativa es la expresión que se utiliza para describir una presión inferior a la atmosférica normal. A temperatura ambiente y a una latitud al nivel del mar, un volumen definido de aire contiene moléculas que se mueven en direcciones al azar. Estas moléculas en movimiento ejercen una fuerza igual a la presión atmosférica normal de 760 mmHg. La presión negativa puede conseguirse sacando moléculas de gas fuera de la zona de interés (como la zona de una herida) con, por ejemplo, una bomba de succión.⁵

La cicatrización de las heridas implica un complejo proceso que va desde superposición

celular hasta eventos biomecánicos. Inicialmente se produce una reacción inflamatoria seguida por un proceso de proliferación que da paso a la angiogénesis, granulación, reepitelización y restauración tisular y, eventualmente, la remodelación del tejido. La secreción de una matriz de moléculas vasoactivas y quimiotácticas que van desde citocinas, hasta matriz de metaloproteinasas, se expresa macroscópicamente con una efusión de líquido intersticial que caracteriza la fase inflamatoria inicial.¹²

En la última década se ha evidenciado el mayor uso de sistemas de presión negativa como parte del tratamiento de las heridas en las extremidades que lo revolucionó para las lesiones agudas y crónicas como las úlceras: en el pie diabético, postraumáticas, postquirúrgicas, por presión, por estasis venosa, heridas crónicas o infectadas, fascitis necrotizante, dehiscencia de heridas esternales, heridas con exposición ósea, tendinosa o de materiales de osteosíntesis, síndromes compartimentales en extremidades, fracturas abiertas, como coadyuvantes en el cuidado de injertos de piel y en heridas abdominales, entre otras.^{5,9,10}

Algunos estudios reportan resultados en términos del costo-efectividad con la puesta en práctica de la terapia VAC, a expensas del menor tiempo de estancia hospitalaria, menos amputaciones, mejor recuperación funcional y menores gastos por cambios de diferentes tipos de apósitos locales. El nivel de evidencia científica de las publicaciones médicas de sistemas de presión negativa se limita a estudios retrospectivos y series de casos, más que a ensayos clínicos aleatorizados con una adecuada calidad en la evidencia.^{9,13}

A raíz de los conflictos armados en el medio Oriente y Afganistán resurgió la necesidad de mejorar el abordaje y tratamiento de heridas complejas en las extremidades en los campos de la cirugía de guerra y ortopedia de combate, con

lo que las terapias tópicas de presión negativa se convirtieron en una alternativa de primera elección para algunos cirujanos y traumatólogos que se desempeñan en esos medios.^{2,11,13}

OBJETIVO

El objetivo de esta investigación es reportar la experiencia con la aplicación del sistema VAC en el tratamiento de heridas por traumatismo por proyectil de arma de fuego.

MATERIAL Y MÉTODOS

Estudio observacional y retrospectivo a tres años (1 de enero de 2011 al 1 de enero de 2014) al que se incluyeron pacientes que ingresaron por primera vez al Hospital Central Militar con diagnóstico de herida por proyectil de arma de fuego en las extremidades y que recibieron terapia de cierre asistido por vacío. Posteriormente se obtuvieron los expedientes clínicos electrónicos de la base de datos Medsys del Hospital Central Militar y se procedió al llenado de la base de datos con los parámetros establecidos por los investigadores. Se tomaron como variables dependientes del paciente: edad y sexo. Se describieron las características clínicas de la lesión, incluido el sitio anatómico, la existencia o no de fractura al esqueleto axial, tiempo transcurrido entre la lesión y la colocación del sistema VAC. También se describieron las características de las lesiones, incluido el sitio de la lesión, clasificación de Gustillo, calibre del proyectil y número de impactos. Se tomaron como variables durante la hospitalización los días de estancia y los procedimientos quirúrgicos. Posteriormente se conformaron las tablas y análisis estadístico de los datos de tipo descriptivo, y los resultados se expresaron en cuadros y figuras.

RESULTADOS

Se analizaron 28 pacientes (militares en activo) que ingresaron al hospital con herida por pro-

yectil de arma de fuego en las extremidades y a quienes se realizó limpieza quirúrgica y colocación de sistema VAC. Los límites de edad de los pacientes fueron 21 y 60 años (~31.78 años), la totalidad de los pacientes eran hombres y recibieron, en promedio, 1.2 impactos.

El calibre más reportado fue el de 9 mm y 45 mm con 70%. El calibre 7.62 fue el menos utilizado, pero el más relacionado con las actividades militares y el que ocasiona lesiones vasculo-nerviosas extensas Gustillo IIIC. Se contabilizaron 34 impactos y en cuanto a su distribución de 1 a 3 impactos por paciente con un promedio de 1.21 impactos. Cuadro 1

El promedio de estancia hospitalaria de los pacientes con herida por proyectil de arma de fuego tratados con sistema VAC fue de 82 días (16 a 207 días), 31.7 días (5-46 días) de recepción de esta terapia, con cinco recambios del sistema. Cuadro 1

Los segmentos anatómicos más afectados fueron los miembros pélvicos con 53% y la tibia y peroné los huesos más afectados de este segmento. Le siguen, en frecuencia, el miembro torácico y las lesiones en la cadera. Cuadro 2

Se aplicó la clasificación de Gustillo para determinar el tamaño de la lesión y la afección vasculo-nerviosa; en el tipo I no se clasificó

Cuadro 1. Datos demográficos

Número de pacientes	28
Edad (años)	21-60 (31.78 años)
Género	100% hombres
Número de impactos	34 (~1.21 por paciente)
Calibre del arma	9 mm: 12 (35%) .45 mm: 12 (35%) 7.62 mm: 10 (30%)
Estancia hospitalaria (días)	16-207 días (~82.85 días)
Días con VAC	5-46 días (~ 31.78 días)
Número de recambios	0-15 (~4.75 Recambios por paciente)
Militares	26
Derechohabientes	2



Cuadro 2. Distribución anatómica de las herida por proyectil de arma de fuego

Sitio anatómico	Número/porcentaje
Húmero	1 (3.6%)
Radio cubito	2 (7.1%)
Fémur	4 (14.3%)
Tibia peroné	11 (39.3%)
Cadera	6 (21.4%)
Pie	4 (14.3%)

ninguna lesión, en el tipo II se encontraron 7 pacientes (25%), tipo III con 21 pacientes (75%) dentro de este tipo; se subclasificaron y resultaron IIIA, 5 pacientes (24%), IIIB 14 pacientes (66%) y IIIC 2 pacientes (10%). Cuadro 3

El tratamiento inicial de los pacientes con herida por proyectil de arma de fuego fue la limpieza quirúrgica y la colocación de un fijador externo para estabilizar la fractura; en 26 pacientes se colocó el sistema VAC en el mismo procedimiento. En dos pacientes con lesión vascular, ambas en torno de la arteria poplítea, se efectuó la reparación vascular exitosa y fasciotomía de la extremidad afectada; esto por datos clínicos de síndrome compartimental. Posteriormente, para estas heridas se empleó el VAC para ayudar al cierre definitivo; sin embargo, las fasciotomías laterales requirieron la colocación de injertos de piel.

El tratamiento definitivo de las fracturas, después de la terapia con VAC, fue la osteosíntesis, que

Cuadro 3. Clasificación de Gustillo

Clasificación de Gustillo	Número/ porcentaje
I	0 (0 %)
II	7 (25 %)
III	21 (75 %)
A	5 (24%)
B	14 (66%)
C	2 (10%)

por su naturaleza, conminación, localización y lesiones a tejidos blandos ameritaron la aplicación de diversos implantes que cumplieron los principios biomecánicos necesarios para permitir la estabilidad. Cuadro 4

De los 28 pacientes, 7 (25%) se trataron con osteosíntesis convencional y su herida se cerró en ese mismo procedimiento, sin necesidad de injertos, 11(39%) se trataron con osteosíntesis más rotación de colgajo o injerto cutáneo, a 6 (21%) pacientes se les colocaron prótesis total de cadera y 4 (15%) terminaron en artrodesis más el tratamiento del defecto cutáneo.

Durante el tratamiento no se registraron efectos adversos; sin embargo, el empleo del VAC se dificulta en una extremidad en la que se colocan fijadores externos, pues en 2 pacientes hubo disfunción del sistema VAC por fuga a través del orificio de los clavos de Schanz, problema que se resolvió en la sala, recubriendo el sitio de la fuga.

Las principales complicaciones se asociaron con lesiones nerviosas (50%); sin embargo, esas secuelas fueron secundarias a lesiones ocasionadas por proyectil de arma de fuego y no por el uso del sistema. De hecho, 42% de los pacientes no tuvieron secuelas por estas lesiones. Cuadros 5 y 6

Cuadro 4. Tratamiento definitivo

Osteosíntesis	Osteosíntesis + Injerto	Prótesis	Artrodesis + Injerto
7	11	6	4

Cuadro 5. Secuelas del tratamiento de herida por proyectil de arma de fuego con NPWT

Lesión nerviosa	Síndrome doloroso regional complejo	Sin secuelas
14 (50%)	2 (8%)	12 (42%)

Cuadro 6. Lesiones nerviosas

Neuropraxia	Axonotmesis	Neuronotmesis
9 (64%)	3 (21%)	2 (15%)

DISCUSIÓN

Las heridas que hoy pueden tratarse con sistemas de presión negativa se agrupan, según Lawrence, en nueve categorías, de las que en este estudio se incluyen las fracturas expuestas, lesiones de tejidos blandos agudas con exposición de tendón, hueso o articulaciones, fasciotomías después del síndrome compartimental y las heridas que requieren tratamiento con fijadores externos. Este mismo autor reporta que, además de estas indicaciones claras, existen otras: heridas con aplicación de injerto de piel, heridas infectadas, heridas crónicas, heridas quirúrgicas de difícil cierre por tensión y heridas quirúrgicas con gran cantidad de secreción en el posoperatorio.¹⁴

La presión negativa expone el lecho de la herida a una presión negativa inducida mecánicamente, que permite remover los fluidos del espacio extravascular, mejora la circulación y aumenta la proliferación de tejido de granulación. En nuestro estudio la presión negativa fue de utilidad porque las fracturas expuestas tipo III (75% de los casos) son lesiones que requieren remover los fluidos y mejorar la circulación.¹⁴

En un consenso internacional, publicado en 2011, se acepta ampliamente el uso de la NPWT en el tratamiento de lesiones de tejido blando muy extensas, en el traumatismo penetrante de alta energía, en las fracturas expuestas y en las fasciotomías. Para estos autores, otras indicaciones de tratamiento incluyen la prevención de contaminación, reducción del edema y la facilitación del drenaje de la herida, y se aclara que esta terapia no es sustituto del debridamiento quirúrgico. En este mismo consenso se recomienda que el

momento para suspender el uso de la presión negativa está dictado por el estado de los tejidos, es decir, cuando estos permitan el cierre de la herida por métodos quirúrgicos; sin embargo, si la herida evoluciona a un cierre por segunda intención, también se puede suspender esta terapia.¹⁵

Las fasciotomías son incisiones realizadas quirúrgicamente para disminuir el aumento de presión asociado con el síndrome compartimental. En nuestro trabajo hubo dos casos de lesión vascular en quienes la lesión condujo al síndrome compartimental en extremidades inferiores, y aunque se reporta que las fasciotomías tienen gran capacidad para ser cerradas por un cierre primario retardado, en nuestros pacientes las fasciotomías laterales requirieron la colocación de injertos.¹⁵

Los 422 participantes de 29 diferentes países de este consenso reportan que el cierre de la herida se puede realizar, en promedio, a los 3.7 días. En nuestro estudio el promedio fue de 31.7 días considerando que todos nuestros casos son producto de heridas por proyectil de arma de fuego de alta velocidad y que todas las lesiones tuvieron fracturas expuestas. Por eso nuestros resultados no concuerdan con esta afirmación, pues reiteramos que el promedio de días con presión negativa es de 31.7 días, con mínimo de 5 y máximo de 46 días.¹⁵

La incidencia y número de complicaciones por la presión negativa, reportado por Kanakaris y colaboradores es baja, lo que coincide con nuestra investigación en que la principal complicación asociada con el uso de VAC fue la pérdida de succión atribuible al uso concomitante de fijadores externos.¹⁶

Las ventajas teóricas comentadas por Kanakaris de la presión negativa en relación con otros métodos de cierre, como el uso de parches, incluyen: evacuación del edema, promoción de tejido de granulación hipervascular, y la disminución de



la contaminación. Para este autor una de las principales indicaciones de la terapia es que en forma general disminuye la complejidad y la extensión de la reconstrucción de piel, y también refiere que las intervenciones de cirugía plástica fueron más simples que las de su grupo control tratado con parches.¹⁶

En relación a las contraindicaciones para el uso de presión negativa para el traumatismo ortopédico Streubel, en su artículo de revisión del 2012, no recomienda el empleo en lesiones con exposición de tendones, nervios o vísceras. En nuestro estudio fue frecuente encontrar lesión tendinosa que se cubría durante la limpieza quirúrgica y se evitó la exposición de este tejido a la presión negativa.¹

Para este mismo autor, las heridas relacionadas con el combate representan un alto riesgo de infección debido a la cavitación con necrosis secundaria extensa y contaminación. El mismo autor refiere que la falla del sistema presión negativa se encontró en 4.5%, incluida la mala aplicación del vacío por fuga en la cobertura, obstrucción por trombos de las sondas y gasto elevado. En nuestro estudio no se registraron efectos adversos aunque el empleo del VAC se dificulta en una extremidad en la que se colocan fijadores externos, pues en 2 pacientes hubo disfunción del sistema VAC por fuga a través del orificio de los clavos de Schanz, problema que se resolvió en la sala recubriendo el sitio de la fuga.¹

CONCLUSIONES

El uso de sistemas de presión negativa se ha convertido en un tratamiento ampliamente aceptado para las lesiones extensas de tejidos blandos, traumatismo penetrante de alta energía, fracturas abiertas e incisiones de fasciotomía. El principal objetivo de utilizar la presión negativa en la reparación de heridas por traumatismo de tejidos blandos y reparación quirúrgica de fracturas abiertas es proveer cobertura temporal de

la herida seguido de debridación exhaustiva del tejido y antes del cierre definitivo de la herida, así como prevención de la contaminación bacteriana, reducción del edema en la extremidad y facilitar el drenaje y cierre de la herida.

Los efectos benéficos de la presión negativa reportados por todos los estudios clínicos son: aumento del flujo sanguíneo alrededor de la lesión, lo que mejora el lecho de la herida para cierre o su cobertura. El uso de la presión negativa en traumatismos de las extremidades disminuye las posibilidades de infección, lo que es congruente con este trabajo, pues ninguno de los pacientes tuvo infección de la herida.

A pesar del aumento en el uso de la presión negativa durante las últimas décadas, las publicaciones en la bibliografía internacional son limitadas en lo que respecta a su uso en extremidades asociado con heridas por arma de fuego. Resulta de gran utilidad para las incisiones de las fasciotomías y para disminuir la complejidad en su cierre.

Las indicaciones para suspender el uso de la presión negativa son cuando los tejidos permiten el cierre de la herida por métodos quirúrgicos y cuando la herida evoluciona a un cierre por segunda intención.

Agradecimientos

Agradecemos a la dirección del Hospital Central Militar su apoyo para difundir nuestra experiencia y promover la investigación en nuestras áreas de trabajo.

REFERENCIAS

1. Philipp N. Streubel, MD, Daniel J. Stinner, MD. Use of Negative-Pressure Wound Therapy in orthopaedic trauma. *Journal of the American Academy of Orthopaedic Surgeons* 2012;20(9):115-118.

2. Adrienne Noe, PhD, Extremity Injury in War: A Brief History. *Journal of the American Academy of Orthopaedic Surgeons* 2006;14(10):78-96.
3. Xie X, McGregor M, Dendukuri N., The clinical effectiveness of negative pressure wound therapy: a systematic review. *J Wound Care* 2011;20:89.
4. Warner M, Henderson C, Kadrmas W, Mitchell DT. Comparison of vacuum assisted closure to the antibiotic bead pouch for the treatment of blast injury of the extremity. *Orthopedics* 2010;33(2):77-82.
5. Li J, Chen J, Kirsner R. Pathophysiology of acute wound healing. *Clin Dermatol* 2007; 25:9-18.
6. Birke-Sorensen H, Malmsjo M, Rome P, Hudson D, Krug E, Berg L, Bruhin A, Caravaggi C, et al. Evidence-based recommendations for negative pressure wound therapy: treatment variables (pressure levels, wound filler and contact layer)—steps towards an international consensus. *J Plast Reconstr Aesthet Surg* 2011;64 Suppl:S1-16. doi: 10.1016/j.bjps.2011.06.001. Epub 2011 Aug 24.
7. Calixto-Ballesteros LF. Aplicación de sistemas tópicos de presión negativa en heridas y defectos de cobertura en extremidades traumatizadas. *Revista Colombiana de Ortopedia y Traumatología* 2013;27:48-55.
8. Dini M, Quercioli F. Case report: Vacuum-assisted closure, dermal regeneration template and degloved cryopreserved skin as useful tools in subtotal degloving of the lower limb Injury. 2012; 43: 957-959.
9. Ubbink DT, Westerbos SJ, Nelson EA, Vermeulen H. A systematic review of topical negative pressure therapy for acute and chronic wounds. *Br J Surg* 2008;95:685-692.
10. Morykwas MJ, Argenta LC, Shelton-Brown EI, McGurt W. Vacuum-assisted closure: a new method for wound control and treatment: animal studies. *Ann Plast Surg* 2007;38:553-562.
11. Pollak AN, Powell ET, Fang R, Cooper EO, Ficke JR, Flaherty SF. Use of negative pressure wound therapy during aeromedical evacuation of patients with combat-related blast injuries. *J Surg Orthop Adv* 2010;19:44-48.
12. Jones GA¹, Butler J, Lieberman I, Schlenk R. Negative-pressure wound therapy in the treatment of complex postoperative spinal wound infections: complications and lessons learned using vacuum-assisted closure. *J Neurosurg Spine* 2007;6:407-11.
13. Stannard JP, Volgas DA, Stewart RL, Obremskey W, Moore T, et al. Incisional negative pressure wound therapy after high-risk lower extremity fractures. *J Orthop Trauma* 2012;26:37-42.
14. Lawrence X, Webb MD. New Techniques in Wound Management: Vacuum-Assisted Wound Closure. *J Am Acad Orthop Surg* 2002;10:303-311.
15. Krug E, Berg L, Lee C, Hudson D, Birke-Sorensen H, Depoorter M, et al. Evidence-based recommendations for the use of Negative Pressure Wound Therapy in traumatic wounds and reconstructive surgery: steps towards an international consensus. *Injury*. 2011 Feb;42 Suppl 1:S1-12. doi: 10.1016/S0020-1383(11)00041-6.
16. Kanakaris NK, Thanasis C, Keramaris N, Kontakis G, Granick MS, Giannoudis PV. The efficacy of negative pressure wound therapy in the management of lower extremity trauma: review of clinical evidence. *Injury* 2007;38 Suppl 5:S9-18. Epub 2007 Nov 28.a.