

Redacción

R.A. Fuhrmann, Eisenberg

Ilustraciones

J. Kühn, Heidelberg

Síndrome compartimental agudo de la pierna

Introducción

El síndrome compartimental es un aumento de la presión en un espacio osteofibroso cerrado, que puede provocar un trastorno de la microcirculación, una disfunción neuromuscular, la pérdida de la extremidad o, en el caso extremo, una disfunción multiorgánica¹¹.

En principio, el síndrome compartimental agudo puede aparecer en todas las regiones del cuerpo, aunque la localización más frecuente es en la pierna. Las fracturas de pierna suponen aproximadamente la mitad de las causas de su aparición, siendo las fracturas de diáfisis las que presentan el mayor riesgo⁵. Según la gravedad de la lesión, el síndrome compartimental puede diagnosticarse ya a simple vista por el aspecto característico que presenta después del trauma, o no manifestarse en toda su magnitud hasta unas horas o incluso unos días más tarde. Todos los compartimentos de la fascia pueden verse afectados por el síndrome compartimental, aunque los compartimentos musculares con sus paquetes neurovasculares parece que son los que presentan un mayor riesgo. El síntoma más frecuente es el aumento de la presión en el compartimento anterior (seguido del compartimento posterior profundo). Es el compartimento con la menor elasticidad de la fascia que envuelve al músculo²¹. Ello es debido, por una parte, a su anatomía característica, formada por la estructura rígida de los espacios fasciales en el canal osteofibroso de la pierna situado entre la tibia, la fibula y el ligamento interóseo, y, por otra parte, al hecho de que el compartimento

anterior es relativamente pequeño en comparación con los otros compartimentos de la pierna, como, por ejemplo, el compartimento posterior profundo.

Es poco conocido el hecho de que el compartimento dorsal profundo de la pierna puede comunicarse con el compartimento calcáneo del pie a través del retináculo flexor que pasa por detrás del maléolo interno y de sus estructuras neurovasculares y tendinosas.

Causas

El aumento de la presión en un compartimento muscular puede ser debido a un aumento del contenido del compartimento o a una disminución del espacio de la fascia. Así pues, unas de las causas principales del síndrome compartimental agudo son:

- Traumas de alta energía
- Fracturas conminutas o segmentarias
- Lesiones graves de partes blandas, especialmente en caso de fracturas cerradas
- Aplastamientos
- Quemaduras circulares con aparición de exudado (*eschara*)
- Edemas post-revascularización después de oclusiones arteriales
- Politraumatismos

En el ámbito de la medicina forense, tienen especial importancia los síndromes compartimentales causados por un tratamiento. Entre ellos, cabe destacar lesiones provocadas por:

- Tratamientos con escayola
- Maniobras de reposición repetitivas
- Uso de pantalón antishock

Tabla 1 Resultado del estudio clínico en el síndrome compartimental manifiesto

Compartimento muscular afectado (estructuras afectadas)	Localización del dolor	Pérdidas motrices	Pérdidas de sensibilidad
Compartimento anterior (M. tibial anterior, a. y v. tibial anterior, n. peroneo profundo)	Pierna ventral	Debilidad movimiento en dedos del pie y en el músculo extensor	1.º espacio interdigital
Compartimento lateral (M. peroneo largo, n. peroneo superficial)	Pierna lateral	Debilidad movimiento de pronación y flexión plantar	Empeine hasta el 1.º espacio interdigital
Compartimento posterior profundo (M. tibial posterior, a. y v. tibial posterior, n. tibial)	Pierna	Debilidad movimiento de supinación, flexión plantar y flexión de los dedos del pie	Planta del pie
Compartimento posterior superficial (M. gastrocnemio, m. soleo, n. sural)	Pantorrilla	Debilidad movimiento de flexión plantar	Lado externo del pie

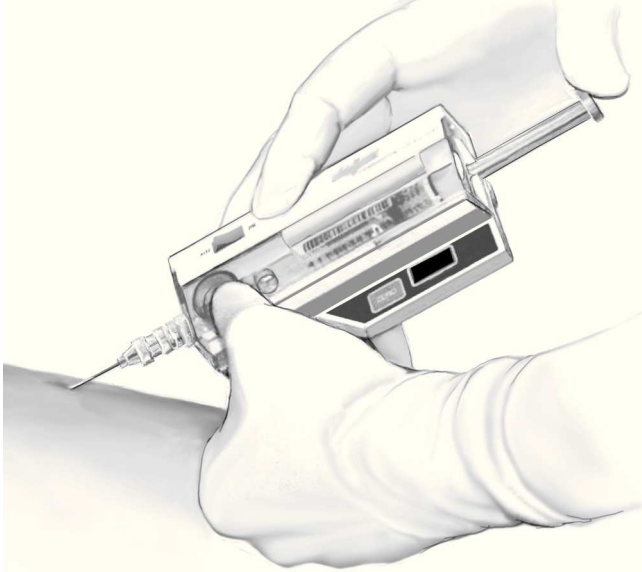


Fig. 1 ◀ Aparato de medición de la presión compartimental (aguja hipodérmica con una perforación lateral, para evitar una posible obstrucción de la aguja con el catéter). Punción de la aguja en sentido de las fibras musculares en un ángulo de 45°.

- Fijación intramedular
- Traumatismos quirúrgicos
- Hemorragia
- Colocación incorrecta de la infusión
- Posición del paciente (por ejemplo, litotomía)
- Hemostasia

Según la gravedad clínica se diferencia entre síndrome compartimental incipiente y síndrome compartimental manifestado. El *síndrome compartimental incipiente* se distingue por una microcirculación prácticamente intacta sin presencia de disfunciones neuromusculares y se caracteriza por intensos dolores, muy difíciles de controlar mediante medicamentos. El signo patognomónico es el dolor producido por la contracción del músculo (debido a la disminución del espacio fascial). Los compartimentos musculares pueden presentar una consistencia desde tensoelástica hasta dura como una piedra. En cuanto al aspecto, destaca la apariencia brillante de la piel.

El *síndrome compartimental manifestado* presenta en el examen clínico los síntomas arriba descritos, además de una deficiencia neurológica en el sentido de alteraciones de la sensibilidad y pérdida de funciones motoras (■ **tabla 1**).

La medición de la presión compartimental indica una disminución de la diferencia entre la presión arterial diastólica y la presión intracompartimental, cuyo valor resultante es menor a 30 mmHg.

En el caso del síndrome compartimental incipiente, todavía existe la posibilidad de romper el círculo vicioso compuesto por la formación de un edema, el aumento de la presión intracompartimental, alteraciones de la perfusión y disfunciones de la barrera hematoencefálica mediante la aplicación de una terapia conservadora, ya que, en este caso, todas estas alteraciones en principio son todavía reversibles. Sin embargo, la terapia conservadora tiene que llevarse a cabo bajo un control clínico frecuente; si en el plazo de dos o tres horas como máximo no aparece una clara mejoría de los síntomas y los valores medidos de presión no disminuyen, entonces se deberá indicar precozmente la intervención quirúrgica para descomprimir los compartimentos afectados, puesto que, si el tiempo de isquemia excede de seis horas, pueden aparecer disfunciones irreversibles.

Diagnóstico

La *medición de la presión subfascial* puede resultar de gran ayuda para indicar una dermofasciotomía, especialmente en pacientes en estado de coma o no cooperativos, o en caso de presencia de lesiones neurovasculares concomitantes. La medición de la presión intracompartimental se debería realizar lo más cerca posible del foco de la fractura, ya que se ha demostrado que en el interior de los

compartimentos existe a nivel longitudinal y sagital un gradiente de presión relevante y que esta distribución no homogénea de la presión puede ser la causa de una indicación tardía de fasciotomía^{7,13}. Por tanto, resulta conveniente realizar mediciones multiloculares. Para ello se suele utilizar la *medición única mediante la técnica de medición con aguja según Whitesides*. La punción se realiza con una aguja estéril con una perforación lateral en la punta en el sentido de las fibras musculares en un ángulo de 45° (■ **fig. 1**). En el compartimento muscular se inyecta una pequeña cantidad de suero fisiológico (máximo 0,5 ml) y la presión utilizada para ello se indica como presión compartimental en el monitor.

El seguimiento continuo de pacientes en la unidad intensiva, por ejemplo, puede realizarse mediante la implantación de un *catéter permanente*, que se introduce en el compartimento muscular a través de agujas mariposa. El principio de medición de estos catéteres se basa en la propiedad de un cristal piezoeléctrico inserto en la punta de una sonda que transforma la presión mecánica en una variación de la resistencia eléctrica.

Al contrario que en el pasado, actualmente la separación compartimental ya no se determina en base a los valores absolutos, sino en función de los valores de referencia de las presiones arteriales — Δp debería ser > 30 mmHg¹⁴. El valor normal de la presión es de 5-10 mmHg. Bajo tensión también se pueden medir valores de hasta 25 mmHg en personas sanas.

Terapia

El *tratamiento conservador* del síndrome compartimental incipiente incluye retirar en primer lugar todo el vendaje compresivo. La crioterapia posee la misma efectividad que una ligera elevación de la extremidad hasta 10 cm como máximo por encima del eje flebotático. Sin embargo, una elevación excesiva es contraproducente, ya que la pérdida de presión hidrostática y la consecuente reducción de la diferencia de presión arteriovenosa provocan también la disminución de la presión de perfusión arterial²². La

C. Jäger · J. Zeichen

Síndrome compartimental agudo de la pierna

Resumen

Objetivo. Descompresión de los cuatro compartimentos musculares de la pierna para normalizar la presión compartimental y evitar disfunciones neuromusculares permanentes.

Indicaciones. Síndrome compartimental incipiente (caracterizado por fuertes dolores, dolor intenso a la flexión, edemas elásticos, piel brillante y $\Delta p > 30$ mmHg, aunque sin deficiencia neuromuscular) sin mejoría clínica después de un tratamiento, y/o síndrome compartimental manifiesto (síntomas como el síndrome compartimental incipiente con deficiencias neuromusculares y $\Delta p < 30$ mmHg).

Contraindicaciones. Ninguna. La indicación y el momento de realización de fasciotomía, así como de necroctomía, siguen siendo motivo de controversia en los casos de indicación tardía de dermatofasciotomía (por ejemplo, en pacientes intubados en la unidad de cuidados intensivos).

Técnica quirúrgica. En la fasciotomía unilateral según Matsen se lleva a cabo primero

la descompresión del compartimento lateral a través de un abordaje parafibular. Después de identificar los compartimentos anterior y posterior superficial a través de una incisión transversal de la fascia, estos grupos musculares también se descomprimen en sentido longitudinal. Por último, se descomprimen los músculos flexores profundos situados debajo del compartimento lateral. En la dermatofasciotomía bilateral se seccionan los compartimentos anterior y lateral a través de un abordaje anterolateral proximal, y los compartimentos posterior superficial y profundo, a través de un abordaje dorsomedial distal.

Tratamiento postoperatorio. La sustitución de piel por piel sintética o el cierre asistido por vacío se usarán como medidas temporales hasta que la herida no se haya cerrado completamente mediante sutura secundaria o técnica Meshgraft al cabo de cinco días aproximadamente. Generalmente, la movilización del paciente depende de la magnitud de la lesión ósea concomitante.

Resultados. Durante el período comprendido entre octubre de 2001 y noviembre de 2008 se realizaron en nuestra clínica en total 37 dermatofasciotomías en pacientes con un síndrome compartimental postraumático agudo de la pierna. El día del alta cinco pacientes todavía presentaban disfunciones neuromusculares después de un síndrome compartimental manifiesto. Un paciente tuvo que someterse temporalmente a diálisis debido a una insuficiencia renal como consecuencia de un síndrome de aplastamiento. En total, seis pacientes sufrieron complicaciones perioperatorias: neurotomía iatrogénica ($n = 1$), hematoma con revisión necesaria ($n = 2$), infecciones profundas en la herida ($n = 2$) y problemas de cicatrización superficial ($n = 1$).

Palabras clave

Síndrome compartimental. Extremidad inferior. Descompresión. Dermatofasciotomía.

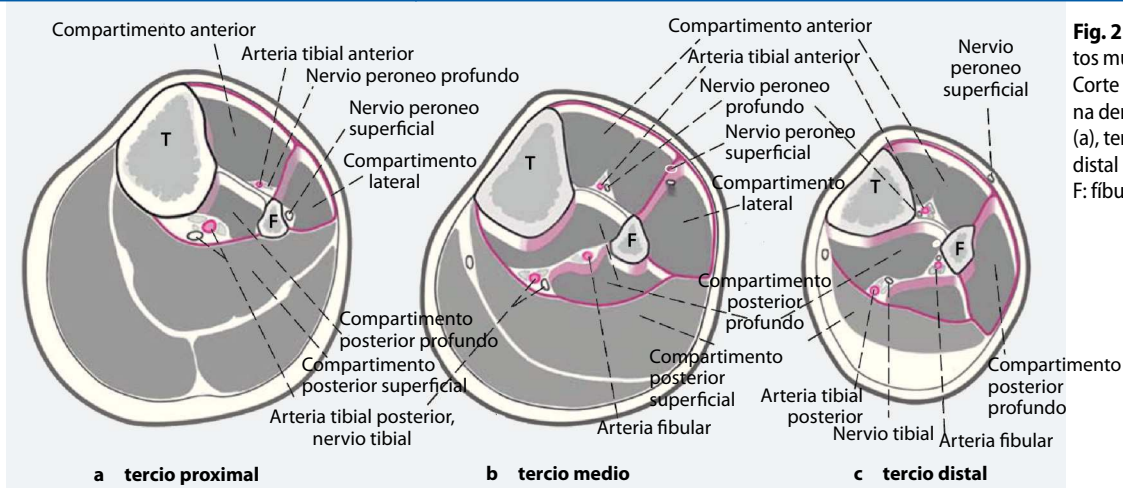


Fig. 2 ◀ Compartimentos musculares de la pierna. Corte transversal de la pierna derecha: tercio proximal (a), tercio medio (b) y tercio distal (c). Vista craneal. F: fibula; T: tibia.

compresión por impulsos intermitentes arteriovenosos («bomba de impulso arteriovenoso») provoca a través de una compresión el vaciado del plexo venoso de la planta del pie y aumenta hasta 4,5 veces la velocidad de retorno venoso, y, consecuentemente, la reducción del edema a su estado postraumático y la mejora de la microcirculación¹⁶. Tratamientos como la terapia con manitol y la oxigenación hiperbárica han dado también buenos resultados en casos excepcionales². En caso de pérdida de volumen intravascular es muy importante indicar la cantidad de volumen adecuada para rellenar estos espacios. Al contrario, una administración no acertada de noradrenalina empeora la microcirculación en lugar de mejorar la circulación a través de la presión arterial normalizada.

En caso de duda, en el síndrome compartimental incipiente se intentará realizar una medición continuada de la presión compartimental. La terapia del síndrome compartimental manifiesto es la *dermatofasciotomía* inmediata. La morbilidad de una fasciotomía innecesaria en caso de diagnóstico erróneo de síndrome compartimental se ve superada por los riesgos que comporta un síndrome compartimental no detectado, con sus graves consecuencias. Por tanto, los autores recomiendan siempre una indicación precoz de dermatofasciotomía.

Para el correcto tratamiento quirúrgico del síndrome compartimental es imprescindible conocer con exactitud la anatomía del compartimento de la pierna. El ancho relativo del compartimento y, por tanto, la ubicación de los tabiques

intercompartimentales difieren mucho entre la zona proximal y la zona distal de la pierna (■ **fig. 2**).

Ventajas y desventajas de la fasciotomía unilateral y bilateral

- Mediante la *dermatofasciotomía bilateral* se accede, realizando una incisión longitudinal posteromedial distal, al compartimento posterior profundo por la zona en la que éste emerge por debajo de la fascia crural directamente a la superficie sin estar cubierto por otros grupos musculares.
- La larga incisión lateral que se realiza en el *abordaje unilateral parafibular* permite, generalmente, exponer el nervio peroneo superficial en el punto en el que emerge a través de la fascia y en el que está más protegido, sin ponerlo en peligro por una liberación cubierta. La liberación por abordaje lateral no pone en peligro la vena safena mayor ni el nervio safeno.

Tanto en la dermatofasciotomía unilateral como en la bilateral, la longitud de la incisión no es un factor que influya en la morbilidad ni tampoco en las tasas de complicación o en los resultados funcionales a largo plazo. Un abordaje anterolateral largo reduce probablemente el riesgo de lesión del nervio peroneo superficial; cuanto mayor sea el abordaje posteromedial, con mayor facilidad se podrá liberar el compartimento posterior profundo. Una incisión larga evita, además, que la piel pueda provocar un

efecto rebote de síndrome compartimental, lo que resulta especialmente importante durante la fase hiperémica después de la descompresión de un compartimento isquémico¹⁵.

Ni en la dermatofasciotomía unilateral y menos todavía en la bilateral la incisión no se corresponde nunca con la longitud de la apertura de fascia. La fasciotomía siempre se lleva a cabo a lo largo de toda la longitud de la pierna en forma semicubierta.

Después de la apertura del compartimento debería realizarse, tras una breve fase de regeneración, una valoración macroscópica de la vitalidad muscular para decidir si resulta adecuado llevar a cabo un desbridamiento en función de los siguientes criterios («4 K»):

- Contractilidad (el tejido vital se contrae por la percusión)
- Consistencia
- Color (rojo intenso y no amarillento)
- Capacidad de sangrado (hemorragia después de la incisión)

A continuación se realizará el desbridamiento de todas las estructuras de partes blandas necróticas. Dado que la magnitud de la lesión no suele manifestarse hasta pasado un cierto tiempo, deberán realizarse revisiones en intervalos de pocos días.

Principio y objetivo de la intervención

Descompresión de los cuatro compartimentos musculares de la pierna mediante una incisión cutánea parafibular

y/o una incisión anterolateral y postero-medial, así como de la fasciotomía medio cubierta que abarca toda la longitud de la pierna, para normalizar la presión intercompartimental y reducir la disfunción neuromuscular.

En el caso de una primera separación compartimental se realizará en primer lugar la estabilización de la fractura y a continuación la descompresión de los compartimentos musculares.

Ventajas

- Evitar la aparición de una contractura de Volkmann (una combinación de contractura miógena y de neuropatía isquémica).
- Mantener la extremidad con su función normal.
- Evitar un tratamiento médico intensivo, en el transcurso del cual puede producirse desde una insuficiencia renal aguda hasta una insuficiencia multiorgánica.

Desventajas

- Riesgo de infección.
- Formación de cicatrices.
- Pérdida de fuerza muscular.
- Riesgo potencial de estructuras neurológicas debido al método de cubrimiento parcial.

Indicaciones

- Síndrome compartimental incipiente sin mejoría clínica después de aplicar terapia conservadora.

- Síndrome compartimental manifiesto.

Contraindicaciones

- Ninguna.
- No existe consenso sobre la práctica de una fasciotomía tardía después de un síndrome compartimental curado, por ejemplo, para la extracción de necrosis muscular¹⁰.

Indicaciones para el paciente

- Riesgos quirúrgicos generales, como infección, trombosis, lesiones neurológicas (vena safena mayor, nervio safeno, nervio peroneo superficial, nervio peroneo profundo).
- Varias intervenciones quirúrgicas para reducir el defecto cutáneo, cierre sucesivo de la herida mediante sistemas de contracción elástica o cierre asistido por vacío; cubrimiento Meshgraft en el caso de dehiscencias de partes blandas.
- Pérdida del 15% aproximadamente de la fuerza muscular de los compartimentos abiertos debido a la falta de elasticidad de las fascias, generalmente sin relevancia clínica⁶.
- Formación de cicatrices más grandes.
- Formación de un callo muscular después de la fasciotomía.

Preparación para la operación

- Resultados del estudio clínico y de las radiografías.
- Medición de la presión subfascial.

Instrumental

- Instrumental básico.
- Tijeras Metzenbaum.

Anestesia y posicionamiento

- Anestesia general.
- De ser necesario, anestesia epidural (la aplicación de anestesia regional sigue generando controversia. Por una parte, no es posible realizar una valoración inmediata de la mejoría de la capacidad neuromuscular después de la descompresión de un síndrome compartimental manifiesto; por otra parte, la extremidad se puede volver a hinchar por el aumento de riego sanguíneo local a consecuencia de un bloqueo del sistema nervioso simpático⁹).
- Posición en decúbito supino.
- Desinfección y cubrimiento del pie y la pierna para prolongar la fasciotomía si así fuera necesario y/o para abrir los compartimentos del pie por separado en caso de que el aumento de la presión se transfiera desde el compartimento posterior profundo hasta el compartimento calcáneo.
- Se debe evitar la hemostasia o la isquemia en el muslo, ya que pueden prolongar el tiempo de isquemia y aumentar el daño por reperusión.

Técnicas quirúrgicas

(■ Figs. 3-7).

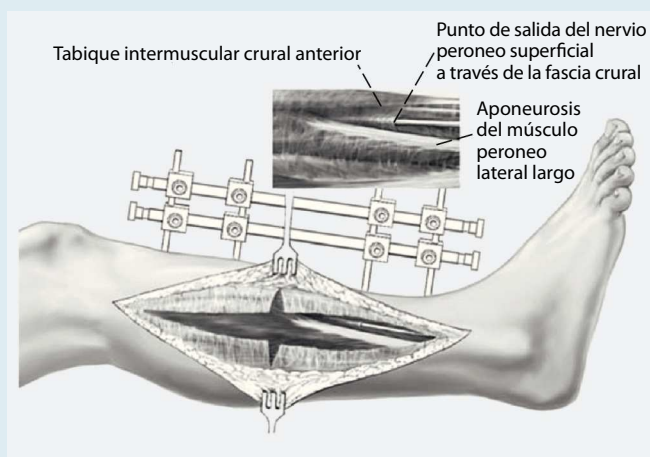
Fasciotomía unilateral¹¹: abordaje lateral, parafibular unilateral

Fig. 3 ▲ Incisión en la pantorrilla a 4-5 cm distal de la cabeza fibular hasta aproximadamente 5-4 cm proximal del maléolo externo. Identificación del compartimento lateral por la aponeurosis del músculo peroneo en la región distal de la pierna. Para abrir la fascia se cortará con el bisturí directamente sobre la aponeurosis. Atención: ventral a este punto, aproximadamente a partir de la mitad de la pierna discurre el nervio peroneo superficial, que después de penetrar en el compartimento lateral por debajo de la cabeza fibular pasa directamente por detrás del tabique intermuscular crural anterior para luego emerger con un recorrido muy variable a la superficie, perforar la fascia y transcurrir por vía subcutánea sobre el retináculo extensor para inervar el dorso del pie con excepción del 1.er espacio interdigital¹. Una incisión transversal de la fascia a la altura del tercio proximal de la pierna puede facilitar la identificación de los compartimentos y completar la descompresión en sentido longitudinal¹⁸. La fasciotomía cerrada se completará con tijeras Metzenbaum (hacia proximal en dirección a la cabeza fibular y hacia distal en dirección al maléolo externo). La liberación en dirección craneal se realizará sin desviarse del borde anterior de la cabeza fibular, ya que detrás de la cabeza del peroné discurre el nervio peroneo. La separación con tijeras Metzenbaum se realizará primero estrictamente a nivel epifascial, y después a nivel subfascial. Por último, la fascia así movilizada se separará en una sola fase de trabajo con las hojas de las tijeras ligeramente abiertas. Durante esta operación el cirujano colocará el dedo índice entre los filos de las tijeras.

Fig. 4 ▶ La exposición del compartimento anterior se lleva a cabo mediante un movimiento hacia ventral con la ayuda de un gancho. La fasciotomía del compartimento anterior se realiza a través de una incisión efectuada a 1 cm del tabique intermuscular anterior. La dirección de incisión se realizará hacia proximal en dirección a la tuberosidad tibial y hacia distal en dirección al 1.^{er}/2.^o fascículo. Hay que poner especial atención en no dañar el nervio peroneo superficial hacia distal.

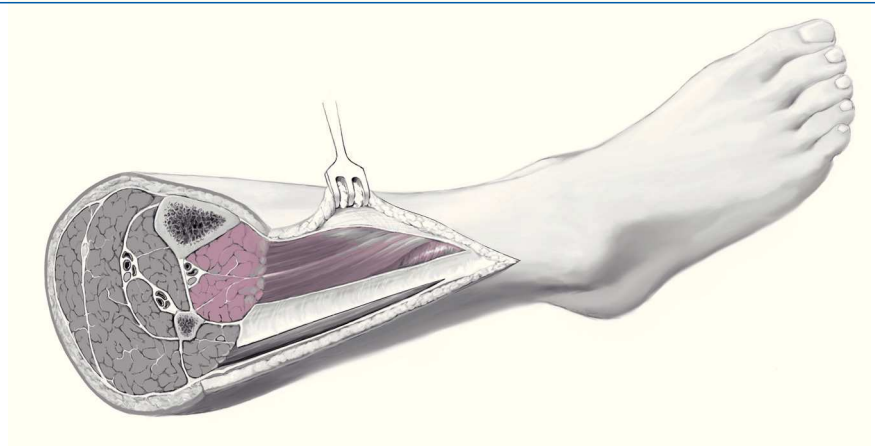


Fig. 5 ▶ Representación del compartimento posterior superficial con un movimiento de gancho hacia dorsal y desplazamiento del músculo del compartimento peroneo hacia ventral. Apertura del compartimento posterior superficial. Orientación de la incisión desde el hueco poplíteo hasta el tendón de Aquiles.

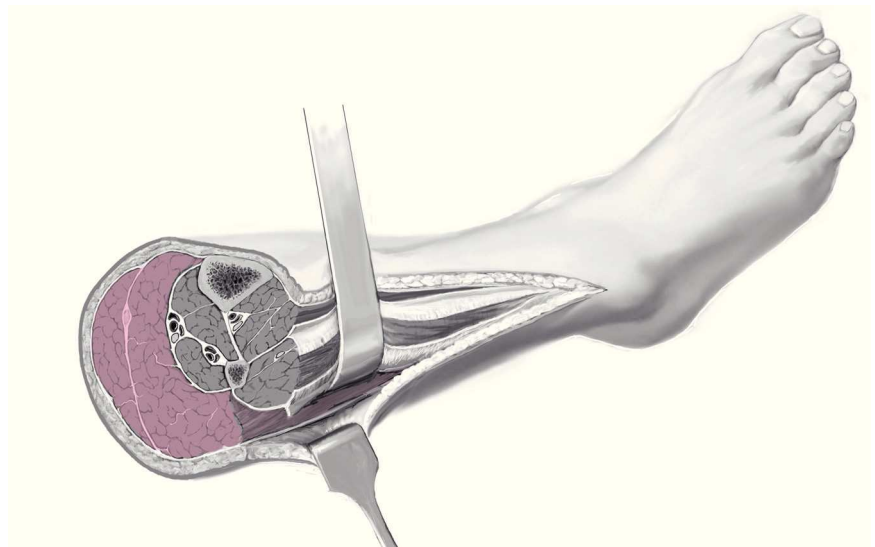
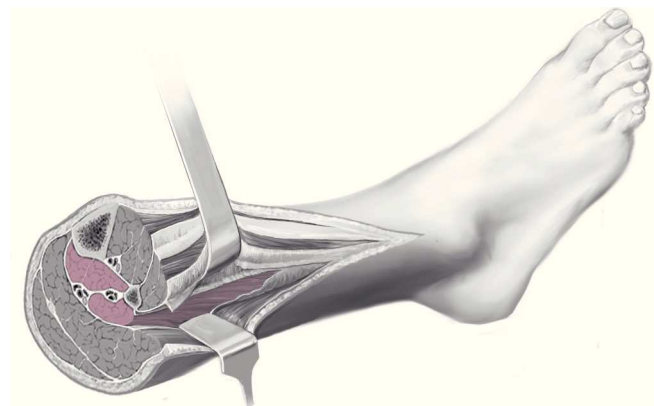


Fig. 6 ▶ La apertura del compartimento posterior profundo es el punto crítico de la dermatofasciotomía. Este compartimento se deberá descomprimir con seguridad después de haberlo liberado con cuidado. Cuando se desplaza el músculo peroneo mediante el gancho y el contenido del compartimento posterior superficial se aparta hacia dorsal, el tabique intermuscular posterior y/o la lámina profunda de la fascia posterior quedan tensados por el borde posterior de la fibula. Detrás se encuentra el compartimento posterior profundo. Este compartimento dorsal profundo se abre separando el músculo soleo de la cara posterior de la fibula. A nivel subperióstico también se puede liberar el músculo flexor largo del dedo gordo de la fibula y, mientras se sujetan el músculo y los vasos peroneos hacia dorsal, como último paso se puede llevar a cabo la separación de la fascia del músculo tibial posterior, considerado todavía por algunos autores como el quinto compartimento independiente de la pierna⁸. Durante la liberación del compartimento superficial y el profundo se deberá poner atención en no dañar las numerosas venas perforantes, que se deberán apartar o, de ser necesario, ligar para evitar hemorragias abundantes.



Fasciotomía bilateral¹²: abordaje combinado anterolateral y dorsomedial

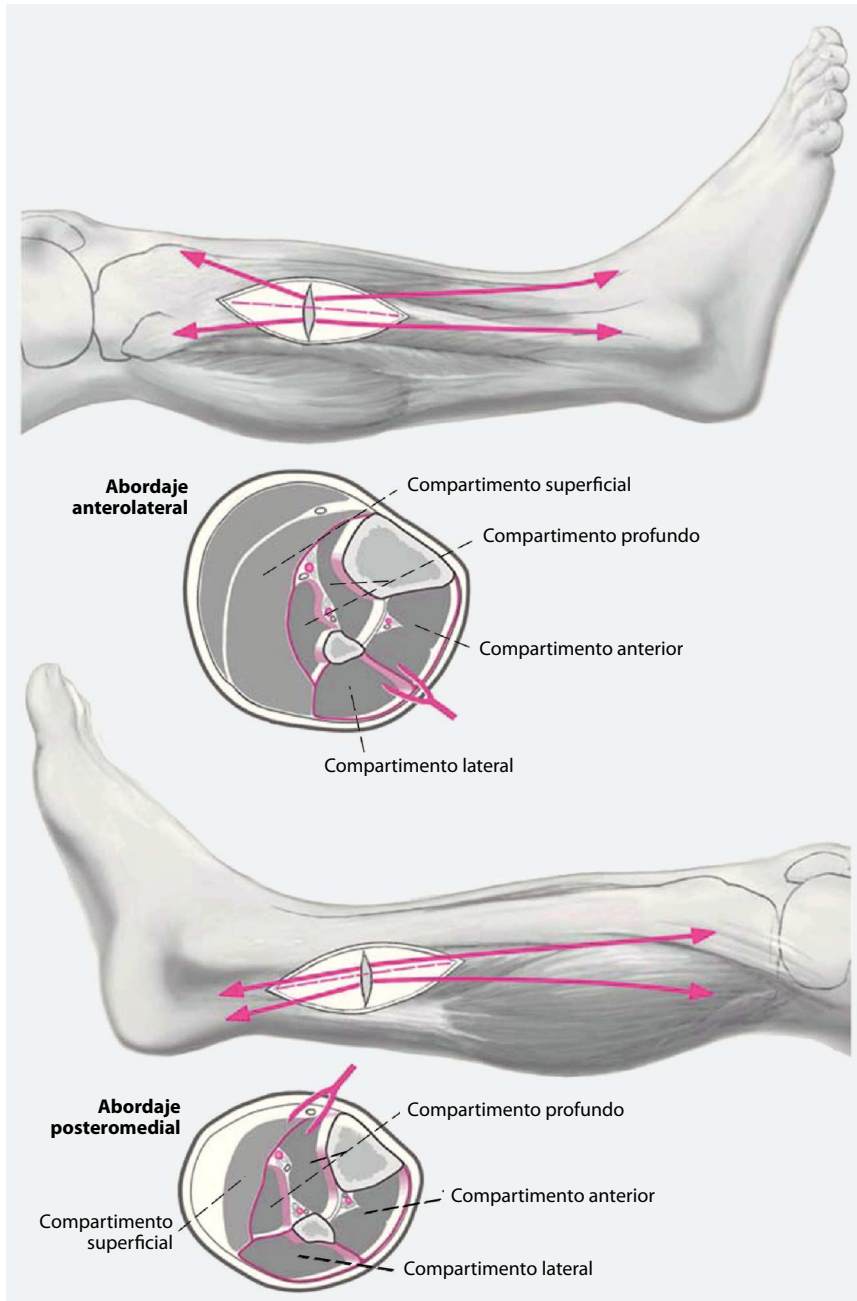


Fig. 7 ◀ En este procedimiento las incisiones se realizan, por una parte, en proximal a través del compartimento anterior y lateral y, por otra parte, en distal posteromedial justo por detrás de la tibia. Entre ambas incisiones tiene que dejarse un puente cutáneo de 6-8 cm como mínimo para evitar trastornos vasculares de la piel y/o necrosis de piel. Figura superior: se realiza una incisión longitudinal anterolateral en la unión del tercio proximal y medial de la pierna, aproximadamente a 2 cm ventral de la fibula. A través de la incisión transversal de la fascia se identifica el tabique intermuscular crural anterior situado entre el compartimento anterior y el compartimento lateral. A continuación, la fascia se abre proximal y distalmente con tijeras Metzenbaum sin dañar el nervio peroneo superficial, que transcurre dorsal al tabique intermuscular crural anterior en la profundidad del compartimento lateral y que a través de la fascia penetra por el tercio medio de la pierna en el tejido subcutáneo. Figura inferior: se practica una incisión posteromedial a aproximadamente 2 cm dorsal del borde posterior palpable de la tibia en el tercio distal de la pierna a través de la cual se pueden seccionar los compartimentos superficial y el dorsal profundo. Directamente detrás de la tibia, ventral al abordaje posteromedial, se encuentran en el tejido subcutáneo el nervio safeno y la vena safena magna. En el borde posterior de la tibia en la zona distal de la pierna el compartimento posterior profundo entra en contacto con la fascia superficial. Mediante una sección transversal de la fascia se identifica la lámina profunda de la fascia crural como límite entre los compartimentos superficial y profundo. Sin embargo, el compartimento posterior profundo sólo se puede abordar sin dificultad a través del tercio distal; aquí se encuentran las partes principales de este compartimento. Más hacia proximal se encuentra la musculatura del compartimento posterior superficial. Por ello, en esta zona se tendrán que separar partes del músculo soleo del borde posterior de la tibia para poder presentar y abrir la fascia por encima del músculo flexor del dedo grueso y, consecuentemente, del compartimento profundo.

Particularidades

El abordaje quirúrgico escogido debe permitir, de ser necesario, efectuar una dermatofasciotomía durante la operación hasta secciones de extremidades vecinas en caso de que éstas se vean afectadas también por un síndrome compartimental (para estos casos resulta especialmente apropiado el abordaje parafibular).

En las fracturas de cabeza tibial es sencillo modificar la táctica quirúrgica: la separación de las fascias del compartimento anterior y del compartimento lateral se realiza prolongando el abordaje estándar hacia la cabeza tibial, por ejemplo, después de una osteosíntesis de placas L. Para que la placa pueda cubrir suficientemente las partes blandas, la herida se deberá cerrar al menos parcialmente en la parte ventrolateral. Para no correr el riesgo de un posible efecto rebote del síndrome compartimental, se deberá realizar una incisión de descompresión en la pierna dorsal.

Antes de separar las fascias se estabilizará la fractura, ya que, por una parte, la separación de las fascias dificulta la inmovilización de las partes blandas y aumenta la inestabilidad secundaria y, por otra parte, la fractura abierta de una fractura de cierre primario se convierte en un foco de infección de alto riesgo. El cuidado de la herida se realizará sin provocar lesiones adicionales de partes blandas. En caso de que aparezcan lesiones graves de partes blandas, deberá aplicarse un fijador externo y, en caso de duda, se efectuarán las medidas preventivas primarias.

En la unión de la pierna con el pie la fascia crural está reforzada por la presencia de retináculos, el retináculo extensor superior y el inferior. En el síndrome compartimental la sección de los retináculos es tanto más importante cuanto más distal se localiza la lesión en la pierna.

Para evitar un efecto rebote del síndrome compartimental causado por la piel, las heridas del síndrome compartimental manifiesto se dejan siempre sin suturar y se cubren temporalmente con un sustituto de piel sintética o mediante cierre por vacío²³.

Tratamiento postoperatorio

Vendaje hidrocoloide o cierre por vacío con esponjas de alcohol de polivinilo²⁰. Este último combina las ventajas del tratamiento de heridas abiertas y cerradas: protección segura contra infecciones, no obstaculiza la irrigación sanguínea de los bordes de la herida, reducción de la tendencia de retracción de los bordes de la herida por el vacío aplicado en la zona, garantía de evacuación de la secreción de toda la superficie de la herida y fuerte estimulación de la formación de tejido granulado por presión negativa^{4,17,24}. Después de un periodo de 5-10 días la herida se puede cerrar, generalmente, con sutura secundaria o técnica Meshgraft. Tanto si el cierre de la herida se realiza mediante un sustituto sintético de la piel como por tratamiento de presión negativa, con frecuencia el tamaño de la herida se reduce sucesivamente mediante uno o dos pasos intermedios antes de que se pueda cerrar completamente. También es posible reducir sucesivamente el tamaño de la herida mediante suturas a modo de cordón de zapato; por ejemplo, mediante «wessel-loops» fijados con grapas para piel.

Errores, peligros y complicaciones

Errores

- Apertura incompleta del compartimento posterior profundo debido a que el compartimento se encuentra en la parte profunda de la pierna. Si el paciente después de la operación sigue sufriendo dolores continuos y los valores de presión intracompartimental no se han normalizado en la medición de control, se realizará una revisión quirúrgica a corto plazo. De lo contrario, se corre el peligro de una formación de dedos en garras como efecto secundario a largo plazo.
- Formación de hernias musculares causadas por una fasciotomía incompleta. También en este caso de deberá realizar una revisión quirúrgica a corto plazo a fin de separar completamente la fascia y descomprimir la musculatura. Después de

un episodio de síndrome compartimental se recomienda dejar estas hernias sin sutura.

Peligros

Abordaje unilateral:

- Lesión de la arteria peronea/fibular y/o de las venas peroneas/fibulares durante la apertura del quinto compartimento, el «compartimento» tibial posterior.
- Lesión del nervio peroneo profundo en su recorrido distal.
- Lesión del nervio peroneo superficial proximal y, sobre todo, el distal en la zona donde perfora la fascia.

Abordaje bilateral:

- Lesión del nervio peroneo superficial, sobre todo el distal, en la zona donde perfora la fascia.
- Lesión de la vena safena mayor y del nervio safeno en la zona del abordaje posteromedial.

En caso de una lesión arterial o de una lesión neurológica detectada durante la operación, se deberá intentar realizar la sutura primaria de vasos y nervios. Las venas lesionadas se ligarán. Si la lesión de los nervios no se detecta inmediatamente, entonces es aconsejable realizar una interposición de nervios (por ejemplo, nervio sural).

Complicaciones

- Infección después de una eliminación incompleta de tejido necrótico: esta infección se subsanará con una revisión quirúrgica realizada a corto plazo con eliminación de tejido necrótico; con frecuencia el cierre de la herida y/o la posterior limpieza y acondicionamiento de la misma se llevan a cabo mediante la técnica del cierre por vacío.
- Hematoma: el vaciado del hematoma también se suele realizar mediante cierre por vacío en caso de presencia de hematomas más grandes o de sobreinfección.
- Lesiones multiorgánicas: en este caso se deberán tomar todas las medidas de la terapia de cuidados

intensivos y, muy especialmente, las de la terapia de sustitución renal. De ser necesario, se deberá considerar también la amputación (parcial) de la extremidad afectada como *ultima ratio* para estabilizar la situación («life before limb»).

Resultados

En el período comprendido entre octubre de 2001 y noviembre de 2008 fueron operados en nuestra clínica 35 pacientes (26 hombres y 9 mujeres) con síndrome compartimental agudo como consecuencia de un traumatismo en la pierna. Dos pacientes desarrollaron incluso un síndrome compartimental en ambas piernas. Por tanto, en total fueron 37 los síndromes compartimentales tratados. La media de edad de los pacientes en el momento de la operación era de 38 años (rango: de 7 a 78 años). Los casos tratados fueron sobre todo lesiones de partes blandas cerradas (15 casos de grado 1, 11 casos de grado 2 y 8 casos de grado 3). Se presentaron 3 casos de fractura abierta (de grado 1, 2 y 3 respectivamente según Tscherny y Oestern¹⁹). En 22 casos se realizó una descompresión primaria del síndrome compartimental durante la terapia de primeros auxilios de la lesión/fractura a través de dermatofasciotomía, en 15 casos los pacientes desarrollaron síntomas secundarios de un síndrome compartimental (es decir, al cabo de 1 a 4 días) y/o un aumento de la presión intercompartimental. Se practicó fasciotomía primaria de todas las lesiones cerradas de partes blandas de grado 2 y 3. En 13 de las 15 lesiones abiertas de partes blandas de grado 1 se realizó una separación secundaria. En los casos con lesión abierta de partes blandas de grado 1 y 2 el síndrome compartimental fue secundario, por lo que también la apertura fue secundaria. El paciente con la herida abierta de grado 3 presentaba un síndrome compartimental manifiesto primario, de modo que la fasciotomía ya se realizó durante la operación primaria.

La indicación de dermatofasciotomía se dio en 18 casos debido a un aumento de la presión, en 2 casos se encontraron afectaciones neurológicas y en 6 casos la combinación de un aumento de presión

medida y afectaciones neurológicas fue decisiva para realizar la intervención. En los 11 casos restantes el cirujano decidió realizar un tratamiento quirúrgico en base a los resultados de la inspección y la palpación. La descompresión de los cuatro compartimentos de la pierna se realizó en 23 casos a través de un abordaje unilateral y en 14 casos la fasciotomía se practicó a través de un abordaje bilateral.

Para el cubrimiento temporal de partes blandas se utilizaron principalmente vendajes hidrocoloides. Desde finales del año 2005 se ha ido aplicando cada vez más la técnica del cierre por vacío. En 28 casos la herida se cerró definitivamente solo mediante sutura secundaria, en varias sesiones, si el caso así lo requería. En 1 caso la sutura secundaria se completó con un trasplante de piel total procedente de la ingle y en 7 casos con un trasplante Meshgraft. En 1 caso se llevó a cabo sólo un trasplante Meshgraft.

En nuestro grupo de pacientes observamos un caso de separación iatrogénica de los nervios (nervio tibial) después de una fasciotomía unilateral. En este caso se practicó sutura epineural durante la intervención quirúrgica. Desde el punto de vista clínico la paciente afectada no presenta ningún tipo de secuela importante. En 5 pacientes las disfunciones neuromusculares resultantes de un síndrome compartimental manifiesto no habían desaparecido (completamente) en el momento del alta. Un paciente, que permaneció largo tiempo atrapado dentro del coche después de sufrir un accidente de circulación (politraumatismo) y que como consecuencia desarrolló un síndrome compartimental en ambas piernas y en el muslo superior izquierdo, tuvo que ser sometido temporalmente a diálisis por un síndrome de aplastamiento.

Durante las revisiones planificadas se tuvieron que vaciar dos hematomas en la zona de la herida para reducir el tamaño de la misma. Además, se tuvieron que limpiar dos infecciones profundas en la herida mediante intervención quirúrgica. Por otra parte, apareció un problema de cicatrización superficial que se pudo solucionar mediante tratamiento conservador.

Según la información de la que disponemos, no existe ningún estudio prospectivo sobre la dermatofasciotomía unilateral y bilateral que demuestre la superioridad de uno de estos procedimientos. Sin embargo, parece que la tendencia –por lo menos en el área de habla alemana– es descomprimir el síndrome compartimental manifiesto agudo de la pierna mediante el abordaje parafibular unilateral. El procedimiento bilateral parece usarse con mayor frecuencia en la cirugía vascular para la descompresión del síndrome compartimental funcional crónico, del incipiente o del postisquémico. En el área de habla inglesa, por el contrario, la descompresión del síndrome compartimental manifiesto agudo también suele practicarse a través del abordaje bilateral.

Correspondencia

Dr. C. Jäger

Klinik für Unfallchirurgie und Orthopädie,
spezielle Unfallchirurgie, Johannes Wesling
Klinikum Minden
Hans-Nolte-Str. 1, 32429 Minden (Alemania)
christian.jaeger@klinikum-minden.de

Conflicto de intereses. El autor manifiesta que no existe ningún conflicto de intereses.

Bibliografía

- Adkison DP, Bosse MJ, Gaccione DR et al (1991) Anatomical variations in the course of the superficial peroneal nerve. *J Bone Joint Surg Am* 73:112–114
- Bouachour G, Cronier P, Gouello JP et al (1996) Hyperbaric oxygen therapy in the management of crush injuries: a randomized double-blind placebo-controlled clinical trial. *J Trauma* 41:333–339
- Fakhouri AJ, Manoli A II (1992) Acute foot compartment syndromes. *J Orthop Trauma* 6(2):223–228
- Fleischmann W, Lang E, Kinzl L (1996) Vakuumassistierter Wundverschluss nach Dermato-fasciotomie an der unteren Extremität. *Unfallchirurg* 99:283–287
- Friedl W (2001) Diagnostik und Therapie des Kompartmentsyndroms des Unterschenkels. *Trauma Berufskrankh* 3 (Suppl 2):163–166
- Garfin SR, Tipton CM, Mubarak SJ et al (1981) Role of fascia in maintenance of muscle tension and pressure. *J Appl Physiol* 51:317–320
- Heckmann MM, Whitesides TE Jr, Grewe SR et al (1994) Compartment pressure in association with closed tibial fractures: the relationship between tissue pressure, compartment, and the distance from the site of the fracture. *J Bone Joint Surg Am* 76:1285–1292
- Hislop M, Tierney P, Murray P et al (2003) Chronic exertional compartment syndrome: the controversial fifth compartment of the leg. *Am J Sports Med* 31:770–776

9. Iaquinio JM, Pienkowski D, Thornsberry R et al (1997) Increased neurologic complications associated with postoperative epidural analgesia after tibial fracture fixation. *Am J Orthop* 26:604–608
10. Janzing HMJ, Broos PLO (1998) Muskelnekrose durch nichtdiagnostiziertes Kompartmentsyndrom, Indikation zur Fasziotomie? In: Willy C, Sterk J, Gerngroß H (Hrsg) *Das Kompartmentsyndrom. Hefte zu „Der Unfallchirurg“*, Bd 267. Springer, Berlin Heidelberg New York, S 196–198
11. Matsen FA 3rd (1980) *Compartmental syndromes*. Grune & Stratton, New York
12. Mubarak SJ, Owen CA (1977) Double-incision fasciotomy of the leg for decompression in compartment syndromes. *J Bone Joint Surg* 59:184–187
13. Nakhostine KK, Styf JR, Leuven S van et al (1993) Intramuscular pressure varies with depth. *Acta Orthop Scand* 64(3):377–381
14. McQueen MM, Court-Brown CM (1996) Compartment monitoring in tibial fractures. The pressure threshold for decompression. *J Bone Joint Surg Br* 78:99–104
15. Rush DS, Frame SB, Bell RM et al (1989) Does open fasciotomy contribute to morbidity and mortality after acute lower extremity ischemia and revascularization? *J Vasc Surg* 10:343–350
16. Sangmeister M, Horst P, Fleischer K et al (1998) Reduktion des posttraumatischen Kompartmentsdrucks mit dem AV-Impulssystem – Fallstudie. In: Willy C, Sterk J, Gerngroß H (Hrsg) *Das Kompartmentsyndrom. Hefte zu „Der Unfallchirurg“*, Bd 267. Springer, Berlin Heidelberg New York, S 178–182
17. Schwamborn M, Willy C, Sterk J et al (1998) Verschlussstechniken nach Dermatofasziotomie – dynamische Hautnaht oder vakuumassistierter Wundverschluss? In: Willy C, Sterk J, Gerngroß H (Hrsg) *Das Kompartmentsyndrom. Hefte zu „Der Unfallchirurg“*, Bd 267. Springer, Berlin Heidelberg New York, S 258–263
18. Teng AL, Huang JI, Wilber RG et al (2005) Treatment of compartment syndrome: transverse fasciotomy as an adjunct to longitudinal dermatofasciotomy. An in vitro study. *J Orthop Trauma* 19: 442–447
19. Tschernse H, Oestern HJ (1982) Die Klassifizierung des Weichteilschadens bei offenen und geschlossenen Frakturen. *Unfallheilkunde* 85:111–115
20. Wagner A (2008) Der Einsatz der Vakuumversiegelung zur Konditionierung von Weichteildefekten. *Oper Orthop Traumatol* 20:525–533
21. Whitesides TE, Harada H, Morimoto K (1977) Compartment syndrome and role of fasciotomy: its parameters and technique. *Instr Course Lect* 26:179–196
22. Wiger P, Styf J (1998) Effects of limb elevation on abnormally increased intramuscular pressure, blood perfusion pressure, and foot sensation: an experimental study in humans. *J Orthop Trauma* 12:343–347
23. Wiger P, Tkaczuk P, Styf J (1998) Secondary wound closure following fasciotomy for acute compartment syndrome increases intramuscular pressure. *J Orthop Trauma* 12:117–121
24. Yang CC, Chang DS, Webb LX (2006) Vacuum-assisted closure for fasciotomy wounds following compartment syndrome of the leg. *J Surg Orthop Adv* 15(1):19–23