

Terapia de pressão negativa para feridas: um algoritmo

Negative pressure wound therapy: an algorithm

Traduzido para a divulgação educacional do original em inglês publicado em *Clinics Plastic Surgery* 39(2012) 311-324 Doi 10.1016/

j.cps.2012.05.002

Kunj K. Desai, MD^a, Edward Hahn, MD^a,
Benson Pulikottill, MD^a, Edward Lee, MD^{b,*}

PALAVRAS-CHAVE

- Complicações · Evidência Clínica · Terapia de Feridas por pressão negativa · TFPN
- Pressão subatmosférica · Cicatrização de feridas

PONTOS CHAVE

- As evidências mostram que a terapia de feridas com pressão negativa (TFPN) é eficaz na redução de exsudatos da ferida e no aumento da formação de tecido de granulação.
- TFPN deriva seus efeitos benéficos na cicatrização de feridas a partir de múltiplas interações com alterações efetuadas em nível microscópico e macroscópico.
- TFPN provou ser uma modalidade eficaz para terapia de feridas em várias áreas, principalmente úlceras de pé diabético, fraturas expostas, feridas mediastinais e enxertos de pele.
- Os benefícios da TFPN são baseados em princípios relevantes para o cuidado de feridas e cura em geral; TFPN não melhora os efeitos deletérios de infecção local, hipóxia, trauma, corpos estranhos ou problemas sistêmicos como diabetes, desnutrição ou imunodeficiência, que são mais frequentemente responsáveis pelo atraso na cicatrização de feridas e formação crônica de feridas.

INTRODUÇÃO

O conceito de tratamento de feridas com pressão negativa ou subatmosférica foi descrito pela primeira vez por Fleischmann (Tabelas 1–6).¹ Naquela época, a modalidade de tratamento de feridas consistia na aplicação de uma terapia com pressão negativa composto por um curativo semioclusivo e um dispositivo de sucção sobre uma fratura exposta. A terapia de feridas com pressão negativa (TFPN) em fraturas expostas resultou na melhoria na formação de tecido de granulação. Fleischmann e colegas^{2–5} em um trabalho subsequente descreveu a utilidade em feridas traumáticas, agudas e crônicas.

Argenta e Morykwas⁶ e Morykwas e colegas⁷ relataram dados de ensaios clínicos em animais e humanos mostrando a utilidade da TFPN em 300 feridas agudas, subagudas e crônicas, o aumento de 4 níveis no fluxo sanguíneo quando a pressão

subatmosférica de 125 mm Hg foi aplicada. Taxa significativamente aumentada de formação de tecido de granulação (P .05) foi relatada com a aplicação contínua (63,3% 26,1%) e intermitente (103% 35,3%) de TFPN e as contagens de bactérias no tecido também foram significativamente reduzidas (P .05) após 4 dias da aplicação.

Desde então, a TFPN tem dominado o mundo da cura de feridas. O emprego pressão subatmosférica em feridas tem aumentado exponencialmente, assim como o número de dispositivos capacitados disponíveis. TFPN pode ser e tem sido aplicada a quase todas as regiões do corpo: couro cabeludo, rosto, tronco e extremidades. Certos tipos de feridas, como feridas abertas do esterno e úlceras do pé diabético, ocorreram com frequência suficiente para fornecer um grande corpo de evidências. Estas evidências variam de qualidade

^a Department of Surgery, New Jersey Medical School – UMDNJ, 140 Bergen Street, Suite E1620, Newark, NJ 07103, USA; ^b Division of Plastic Surgery, New Jersey Medical School, University of Medicine and Dentistry of New Jersey, 140 Bergen Street, Suite E1620, Newark, NJ 07103, USA

* Corresponding author.

E-mail address: leee9@umdnj.edu

Tabela 1
Descritores de níveis de evidência

Nível de Evidência		Descrição
I		Meta-análise de alta qualidade, revisões sistemáticas de ensaios clínicos randomizados (RCTs), RCTs de alta qualidade
II		Revisões sistemáticas de alta qualidade de controle de caso ou estudos de coorte, controle de caso de alta qualidade ou estudos de coorte.
III		Estudos não analíticos (por exemplo, relatos de casos, séries de casos ou estudos in vivo ou in vitro)
IV		Opinião de um <i>expert</i>

de relatos de casos observacionais e séries a ensaios clínicos randomizados (ECRs). Desenvolvemos um algoritmo após cuidadosa avaliação e análise da literatura científica de suporte ao uso desses dispositivos.

MECANISMO DE AÇÃO DE CURA DE FERIDAS DE PRESSÃO NEGATIVA

Desde a antiguidade, curativos para feridas têm sido usados para facilitar e acelerar a cicatrização de feridas. Dois conceitos essenciais são:

1. Oclusão
2. Absorção.

Foi demonstrado que feridas tratadas com curativos oclusivos se reepitelizam mais rapidamente do que feridas expostas e que secam.⁸ Exsudatos excessivos maceram a pele ao redor

Tabela 2
Recomendações baseadas em evidências para TFPN em úlceras venosas

Autor	Ano	Nível de Evidência	Evidências
Vuerstaek et al ¹⁹	2006	I	O uso de TFPN reduziu o tempo de preparação para enxerto de pele em 58% e também reduziu o tempo para a cura completa geral em 35%
Korber et al ²⁰	2008	II	Enxerto de pele tomado com TFPN 92% vs enxerto de pele sozinho 67%

As bordas da ferida encorajam o supercrescimento bacteriano, resultando em cicatrização prejudicada da ferida, daí a necessidade de curativos absorventes.⁹ TFPN atende a esses dois princípios básicos e fornece benefícios adicionais para a cicatrização da ferida.

A TFPN deriva seus efeitos benéficos na cicatrização de feridas a partir de múltiplas interações, com mudanças efetuadas tanto em um nível microscópico quanto macroscópico.

Tensão nos Tecido

Uma teoria sugere que a pressão subatmosférica induz micro deformações ou maior tensão no tecido entre 5% e 20%. Demonstrou-se que esse nível de tensão promove a proliferação e divisão celular, a elaboração de fatores de crescimento e a angiogênese.¹⁰ Para expandir os tecidos para expandir os tecidos e a distração osteogênica de Ilizarov para alongar os ossos usam os mesmos princípios de tensão.^{11,12}

Redução da Inflamação

Além disso, a inflamação geralmente leva ao aumento da permeabilidade capilar que causa um aumento no líquido intersticial: edema. O edema inibe a cicatrização de feridas, diminuindo o transporte de oxigênio e nutrientes através do tecido. O edema também aumenta a distância entre os capilares e as células em cura, aumentando assim a probabilidade de necrose do tecido. TFPN reduz ativamente a quantidade de fluido de edema, enzimas proteolíticas, proteínas de fase aguda, metaloproteases mediadores pró-inflamatórios e citocinas e aumenta o fluxo sanguíneo no tecido.⁷

Redução da carga bacteriana

As feridas são frequentemente complicadas por crescimento excessivo de bactérias e infecção, levando a mais necrose do tecido e morte celular. A infecção também pode prolongar a fase inflamatória da cicatrização da ferida, retardando assim o reparo da ferida. O efeito da TFPN na infecção foi demonstrado pela capacidade de reduzir a carga bacteriana em uma ferida, diminuir o fluido intersticial e melhorar o fluxo sanguíneo local, cujo efeito combinado é uma melhora na taxa de cicatrização da ferida.

TFPN ALGORITMO

TFPN se tornou a base do tratamento de feridas agudas e crônicas. A evidência para o uso de TFPN é variável. A maioria dos médicos desenvolveu um algoritmo pessoal para a aplicação da TFPN e tem havido tentativas de criar uma declaração de consenso ou diretrizes para o uso da TFPN.¹³

Tabela 3
Recomendações baseadas em evidências para TFPN em úlcera diabética

Autor	Ano	Nível de Evidência	Marcador de Prova
McCallon et al ²⁸	1997	I	O uso de TFPN diminuiu a área de superfície da ferida em comparação com o curativo de gaze com solução salina; no entanto, não houve diferença estatística no tempo para completar a cura
Blume et al ²⁶	2008	I	TFPN parece ser tão segura quanto e mais eficaz do que a terapia avançada de ferida úmida para o tratamento de úlceras diabéticas em relação ao número total de pacientes com úlceras curadas, tempo para o fechamento da ferida e incidência geral de amputação de membro.
Armstrong and Lavery ²⁷	2005	I	TFPN parece levar a uma proporção maior de feridas curadas, taxas de cura mais rápidas e potencialmente menos reamputações do que o tratamento padrão

Os principais para uso de TFPN são:

1. Avaliação da ferida primária
2. Preparação do leito da ferida
3. Otimização das comorbidades do paciente.

Após o controle dessas questões, avaliamos cada ferida individualmente. Baseamos nossa decisão de usar TFPN nas características da ferida, incluindo:

- Presença de tecido necrótico
- Presença de tecido infectado
- O que está exposto no leito da ferida.

Outras feridas, como a osteomielite esternal, foram bem estudadas e são consideradas separadamente. As feridas crônicas têm sido estudadas em relação a comorbidades específicas, como úlceras de estase venosa e úlceras de pé diabético. O uso da TFPN é controverso para alguns usos, como sobre retalhos, e está bem documentado para outros, como sobre enxertos de pele.

Aspectos técnicos da aplicação da TFPN foram estudados, mas nenhum consenso existe. As modificações técnicas incluem a escolha do material sob um curativo semioclusivo, o tipo de curativo semioclusivo, uma interface ferida / dispositivo TFPN, a pressão negativa e o tipo de pressão (contínua ou intermitente). Cada uma dessas modificações e evidências são revisadas.

AVALIAÇÃO E PREPARAÇÃO DE FERIDAS

Os benefícios da TFPN são baseados em certos princípios que são relevantes para o tratamento de feridas e a cura em geral. Infecção local, hipóxia, trauma, corpos estranhos ou problemas sistêmicos como diabetes mellitus, desnutrição ou imunodeficiência são os mais frequentemente responsáveis pelo retardo na cicatrização e na origem de feridas crônicas. A adição de TFPN não melhora esses efeitos deletérios.

Tabela 4
Recomendações baseadas em evidências para TFPN em enxerto de pele de espessura parcial (STSG)

Autor	Ano	Nível de Evidência	Evidências
Llanos et al ⁶⁵	2006	I	O uso de TFPN diminui significativamente a perda de área de STSG, bem como encurta os dias de internação
Moisidis et al ⁶⁶	2004	I	TFPN melhorou significativamente a aparência qualitativa de STSGs em comparação com curativos de reforço padrão
Vuerstack et al ¹⁹	2006	I	Durante o estágio de preparação do leito da ferida, TFPN parece ser superior às técnicas convencionais de tratamento de feridas
Korber et al ²⁰	2008	II	TFPN atinge a cura completa em 93% dos pacientes com enxertos de úlcera crônica de perna vs 67% com terapia padrão

Tabela 5
Recomendações baseadas em evidências para TFPN em queimaduras

Autor	Ano	Nível de Evidência	Evidências
Kamolz et al ⁸¹	2004	II	Pacientes com queimadura de espessura parcial ou mista podem se beneficiar da TFPN reduzindo a formação de edema e aumentando a perfusão
Danks ⁸²	2010	III	Relato de caso favorável TFPN sendo usada em uma grande queimadura única e potencialmente fatal no Iraque
Haslik et al ⁸³	2004	III	A aplicação da TFPN em queimaduras melhora o edema e a microcirculação, potencialmente prevenindo a progressão da ferida
Molnar et al ⁸⁴	2005	III	Não mostrou a prevenção da progressão de queimaduras com TFPN; no entanto, citou a necessidade de mais pesquisas
Morykwas et al ⁴⁰	1999	III	A aplicação de TFPN a lesões por queimadura de espessura parcial preveniu a progressão para uma lesão mais profunda em um modelo animal experimental

Para que a TFPN seja benéfica na cura de feridas, várias condições devem ser atendidas:

- A necessidade de diagnóstico preciso é fundamental para a cura de feridas, independentemente do dispositivo ou da escolha do curativo. Os profissionais de tratamento de feridas devem fazer um diagnóstico preciso para fornecer o tratamento adequado de condições médicas e de feridas subjacentes, como diabetes, doença vascular periférica ou malignidade.
- As feridas geralmente devem estar limpas de detritos e tecido necrótico. O desbridamento remove o tecido desvitalizado, que pode ser uma fonte de endotoxinas que inibem a migração de fibroblastos e queratinócitos para a ferida.
- As feridas devem ter um suprimento vascular adequado. A angioplastia ou enxerto de bypass arterial podem ser necessários para garantir a oxigenação adequada.
- Faixas compressivas podem melhorar a estase ou insuficiência venosa.
- Melhor controle glicêmico deve ser instituído. A glicosilação no diabetes mellitus prejudica a fagocitose dos neutrófilos e macrófagos das bactérias, prolongando a fase inflamatória da cicatrização de feridas.
- A infecção deve ser controlada com antibióticos sistêmicos ou desbridamento local ou drenagem. A celulite prolonga a fase inflamatória mantendo altos níveis de citocinas pró-inflamatórias e proteases de tecido, que degradam o tecido de granulação e os fatores de crescimento do tecido, e retardando a deposição de colágeno.
- A melhoria das comorbidades do paciente e do leito da ferida são essenciais.

CONTRA-INDICAÇÕES PARA TFPN

Existem contra-indicações específicas para TFPN. A Kinetic Concepts (San Antonio, TX, EUA) listou as seguintes contra-indicações para seu produto TFPN de fechamento assistido a vácuo (VAC)¹⁴:

- | | |
|-------------------------|-----------------------------------------|
| ● Vasos expostos | ● Malignidade |
| ● Locais de Anastomoses | ● Osteomielite não tratada |
| ● Órgãos | ● Fístulas não entéricas e inexploradas |
| ● Nervos | ● Tecido necrótico |

Essas contra-indicações específicas para o VAC, mas podem ser generalizadas para todos os dispositivos TFPN. Antes do início da TFPN a ferida deve ser adequadamente desbridada do tecido necrótico. A evidência de infecção da ferida deve ser tratada antes do início da TFPN. O uso de TFPN em áreas com órgãos vitais expostos é contra-indicado. Alguns relatos de caso indicam o desenvolvimento de hemorragia, colapso anastomótico e entérico.¹⁵⁻¹⁸

A TFPN não é recomendada quando:

- Há sangramento ativo
- O paciente está sob o uso anticoagulantes
- Há dificuldade de hemostasia da ferida
- Colocar o curativo ao lado dos vasos sanguíneos.

Tabela 6
Recomendações baseadas em evidências para TFPN em feridas esternais

Autor	Ano	Nível de Evidência	Evidências
Damiani et al ⁴¹	2011	I	TFPN reduz a permanência no hospital sem afetar a mortalidade geral
Doss et al ⁴⁶	2002	II	TFPN encurtou a cicatrização de feridas e a permanência hospitalar em pacientes com osteomielite pós-esternotomia
Catarino et al ⁴²	2000	II	O uso de drenagem de sucção com pressão negativa é um complemento valioso no tratamento precoce da mediastinite pós-esternotomia
Domkowski et al ⁴³	2003	II	TFPN é eficaz após o desbridamento ou antes colocação de retalho de tecido vascularizado em feridas mediastinais infectadas
Moidl et al ⁴⁵	2006	II	A terapia TFPN após mediastinite pós-esternotomia reduz significativamente a morbidade e mortalidade; também é mais econômico
Fleck et al ⁴⁴	2002	III	TFPN é um complemento eficaz e seguro para modalidades de tratamento convencionais para a terapia de infecções da ferida esternal

Alguns desses efeitos adversos podem ser mitigados pela adição de uma camada de contato com a ferida, mas isso não está comprovado.

A presença de feridas inadequadamente desbridadas, como já afirmado, evita a formação de tecido de granulação. A presença de osteomielite não tratada ou tecido grosseiramente contaminado nas proximidades da ferida pode levar à formação de abscesso. A presença de tecido necrótico, além de aumentar a carga de infecção, também inibe o estabelecimento de vácuo efetivo na ferida.

A presença de malignidade na ferida também é uma contra-indicação para terapia de pressão negativa, pois pode, teoricamente, levar à proliferação celular de células malignas. O uso da TFPN é contra-indicado relativamente em pele frágil resultante da idade, uso crônico de esteroides ou distúrbios vasculares do colágeno. O trauma repetido de trocas de curativos pode causar lesões graves à pele frágil, resultando no desenvolvimento de feridas mais crônicas.

TFPN PARA ÚLCERAS VENOSAS

As úlceras de estase venosa se desenvolvem quando o fluxo venoso de um membro inferior é comprometido, resultando no acúmulo de sangue, levando a edema, necrose e, eventualmente, úlceras dos membros inferiores. Um curativo padrão para úlceras venosas crônicas é o curativo compressivo.

No entanto, os curativos compressivos costumam ser insuficientes no tratamento dessas feridas desafiadoras.

TFPN como adjunto ao enxerto de pele

Há fortes evidências do sucesso da TFPN como adjuvante ao enxerto de pele no tratamento de úlceras venosas crônicas. Quando aplicada a úlceras venosas crônicas para preparação para enxerto de pele, a TFPN demonstrou diminuir o tempo de preparação da ferida em 58% .^{16,19} Além disso, a duração da cicatrização geral completa de úlceras venosas crônicas tratadas com enxertos de pele diminui em 35% quando a TFPN é aplicada versus a aplicação de curativos de hidrocolóide ou alginato.¹⁶ A taxa geral de pega do enxerto de pele de espessura parcial é aumentada em 92% com o uso de TFPN versus 67% observado em feridas enxertadas de pele sem TFPN. ^{17,20} No mesmo estudo, os pacientes com diabetes e úlceras venosas crônicas mostraram 100% de pega de STSG com o uso de TFPN contra 50% de pega com a ausência de TFPN

TFPN como tratamento primário

A evidência é pobre para o uso da TFPN como um tratamento primário de úlceras venosas crônicas. O uso da TFPN dessa forma geralmente resulta em aumento da dor e sangramento. TFPN pode danificar a pele delicada adjacente a uma úlcera venosa crônica, limitando ainda mais o uso de TFPN como um instrumento primário no tratamento de úlceras venosas crônicas. Alguns pesquisadores relataram os efeitos benéficos

de TFPN usando gaze em vez de espuma, resultando em redução significativa da dor.²¹

Conduta dos autores para TFPN para úlceras venosas

Usamos TFPN após enxerto para úlceras venosas, mas não defendemos o uso de TFPN como o tratamento primário de úlceras venosas de perna.

TFPN PARA FERIDAS EM PACIENTES DIABÉTICOS

As úlceras diabéticas são outra ferida desafiadora para os médicos tratarem. Alterações neuropáticas, arteriosclerose e deformidades nos pés frequentemente levam à ulceração nas extremidades inferiores. De acordo com o Instituto Nacional de Diabetes e Doenças Digestivas e Renais, as lesões do diabético são responsáveis por mais hospitalizações do que qualquer outra complicação do diabetes. O diabetes é a principal causa de amputações não traumáticas de membros inferiores nos Estados Unidos, com aproximadamente 5% dos diabéticos desenvolvendo úlceras nos pés a cada ano e 1% necessitando de amputação.²²

A natureza crônica dessas feridas e amputações secundárias debilitantes, que muitas vezes são sequelas dessas feridas crônicas, implicam em uma necessidade substancial de um tratamento melhor para a ferida. O tratamento consiste em controle glicêmico adequado, desbridamento, revascularização conforme necessário, tratamento da infecção eventual descarga do pé. A remoção do tecido desvitalizado seguida por TFPN acelera a recuperação.

Os dados de nível 1 sugerem que a TFPN auxilia na aceleração da cicatrização de feridas. Sete RCTs, dos quais 2 de alta qualidade, mostram ser este o caso.²³⁻²⁸ Armstrong e Lavery²⁷ relataram que:

- Mais pacientes no grupo TFPN curaram suas feridas (definido como 100% de reepitelização sem drenagem) em relação ao grupo padrão (56%–39%, $P = .04$, respectivamente).
- A taxa de cura e de formação de tecido de granulação foi mais rápida no grupo TFPN.
- Eles encontraram tendências para menos de amputações.

Achados semelhantes também foram corroborados por Blume e colegas²⁶ em seu ECR multicêntrico. Esses pesquisadores observaram que em 9 meses 43,2% dos pacientes com TFPN versus 28,9% dos pacientes recebendo terapia avançada de ferida úmida experimentaram o fechamento completo da ferida. Esses dados são para pacientes com úlceras do diabético não secundárias à isquemia. Em feridas secundárias à isquemia, a revascularização continua sendo a primeira linha de tratamento apropriada, embora nem sempre seja possível. Evidências esporádicas sugerem que, mesmo nesses pacientes, a TFPN pode ter alguma utilidade.¹⁹

Conduta dos autores: TFPN para úlceras diabéticas

As comorbidades do paciente, especialmente entre pacientes diabéticos, devem ser tratadas, incluindo controle da glicose, doença vascular periférica e doença cardíaca. Usamos TFPN extensivamente para úlceras de pé diabético, tanto como uma ponte para o fechamento cirúrgico quanto como um meio de facilitar a cura por segunda intenção.

FRATURAS EXPOSTAS

Os dados relacionados ao uso de TFPN em feridas agudas de membros inferiores são menos claros e justificam investigações adicionais. A maioria dos relatórios sobre feridas e TFPN frequentemente não diferenciam explicitamente entre feridas específicas de membros inferiores ou mesmo feridas traumáticas. Como resultado, somos forçados a extrapolar algumas conclusões desses relatórios, bem como séries de casos. TFPN mostrou ser útil na obtenção de fechamento de ferida em vários tipos de lesões traumáticas, incluindo²⁹⁻³²:

- Tornozelo
- Calcâneo
- Fraturas de Pilon e plateau tibial
- Defeitos de tecidos moles envolvendo osso, tendão ou hardware exposto
- Hematomas.

A utilidade também foi demonstrada no tratamento de fasciotomias nos membros inferiores, que receberam TFPN seguida de fechamento por segunda intenção ou por enxerto de pele.² O uso de TFPN em fraturas expostas foi documentado. TFPN é mais frequentemente usada como terapia de ponte para melhorar o leito da ferida antes do fechamento definitivo. DeFranzo e colegas³¹ relataram uma série de casos em que a TFPN aplicada diminuiu o edema nas fraturas expostas e houve diminuição da circunferência da extremidade e tamanho da ferida; 95% das feridas foram fechadas com sucesso.

Conduta dos autores para TFPN em fraturas expostas

Feridas traumáticas de membros inferiores, usamos TFPN como uma ponte para o fechamento definitivo por um retalho vascularizado ou enxerto de pele.

TFPN PARA ÚLCERAS POR PRESSÃO

Úlceras de pressão são feridas crônicas associadas a morbidade e mortalidade significativas. A prevalência de úlceras de pressão em pacientes hospitalizados foi de 14% a 21% na última década e o custo anual geral foi

recentemente foi estimado entre 5 bilhões e 8,5 bilhões de dólares.³³

Um estudo prospectivo com 18 pacientes comparou a TFPN com os curativos úmido-úmido tradicionais; este estudo relatou algum benefício em termos de redução no volume / profundidade da ferida, enquanto 2 outros estudos menores não mostraram nenhum benefício em termos de contração da ferida.³⁴⁻³⁶ No entanto, existem dados para apoiar o conceito de TFPN aumentando a prevalência de cura de úlceras de pressão por segunda intenção.³⁷ Este estudo prospectivo de TFPN em comparação com curativos de gaze úmida não mostrou diferença estatisticamente significativa no tempo de fechamento entre os 2 grupos de tratamento em geral; no entanto, em uma análise de subconjunto de úlceras de pressão, as feridas no grupo de tratamento fecharam mais rápido do que o grupo de controle (média de 10 7,11 dias para o tratamento e 27 10, 6 dias no grupo de controle, P 5 .05). Baharestani e colegas ³⁸ também mostraram que a introdução da TFPN (dentro de 30 dias) no curso do tratamento de úlceras por pressão em estágio III e IV diminuiu os dias de internação hospitalar. Seu estudo mostrou que, para cada dia em que a TFPN é atrasada, a permanência do paciente no hospital aumentou em 1 dia. Outros benefícios potenciais da TFPN incluem facilidade de uso, maior conforto do paciente e menor frequência de trocas de curativos. Investigações adicionais são necessárias para relatar a relação custo eficácia da TFPN aplicada a úlceras de pressão.

Conduta dos autores para TFPN para úlceras por pressão

Usamos TFPN para úlceras por pressão após desbridamento adequado e início de antibióticos apropriados se osteomielite estiver presente. No entanto, a sujeira frequente ou a perda de aderência do curativo semioclusivo podem impedir o uso da TFPN para úlceras de pressão.

TFPN PARA QUEIMADURAS

A progressão das queimaduras de espessura parcial para espessura total é provocada pela diminuição do fluxo sanguíneo dentro da zona de estase causada por edema e a estase capilar e trombose resultantes. TFPN pode ser ideal para induzir as mudanças fisiológicas necessárias para que a cura ocorra e previna a progressão; no entanto, a evidência não é conclusiva. Há falta de evidências que apoiem o uso da TFPN para queimaduras. Uma revisão ³⁹ de Cochrane de ECRs avaliando a segurança e a eficácia da pressão negativa tópica para queimaduras de espessura parcial revelou apenas um ensaio, com qualidade metodológica pobre. A remoção do edema do tecido ajuda a reduzir a resposta sistêmica ao remover células pró-inflamatórias e detritos, limitando a progressão até a espessura total. Esta situação

foi mostrado em um modelo de pele porcina por Morykwas e colegas.⁴⁰ Embora pareça haver uso teórico da TFPN como um complemento de tratamento para queimaduras, faltam evidências de alta qualidade.

Abordagem do autor para TFPN para queimaduras

Não usamos rotineiramente a TFPN para queimaduras agudas.

TFPN PARA FERIMENTOS ESTERNAIS

A mediastinite pós-esternotomia é uma complicação terrível após a esternotomia mediana. A mediastinite aguda e crônica está associada a uma alta morbimortalidade. Tradicionalmente, o desbridamento cirúrgico e a irrigação do mediastino com solução antibiótica têm sido a base das infecções do mediastino. A cobertura do mediastino com retalho miocutâneo após desbridamento adequado também é rotina. TFPN parece desempenhar um papel significativo no tratamento dessas feridas, seja como uma modalidade primária de cicatrização de feridas ou como um meio secundário, preparando a ferida para reconstrução com retalho.

Os dados de apoio, exceto 1 meta-análise, são derivados principalmente de estudos observacionais. Damiani et al, ⁴¹ em uma meta-análise de dados recentes comparando TFPN com terapias convencionais, relataram uma redução significativa no tempo de internação hospitalar sem qualquer impacto geral na mortalidade. Catarino et al ⁴² mostraram em um pequeno estudo retrospectivo que significativamente mais falhas de tratamento ocorreram com irrigação contínua do que com TFPN. Domkowski et al, ⁴³ em um estudo observacional usando TFPN como um tratamento de linha única ou como uma ponte para a cirurgia de retalho de tecido, mostraram mortalidade precoce muito baixa (3,7%).

TFPN também está associada a taxas mais baixas de mediastinite recorrente quando seguida por fechamento primário retardado ou por retalhos de músculo peitoral em comparação com revisão e fechamento primário⁴⁴, bem como custos mais baixos.⁴⁵ Doss et al ⁴⁶ relataram uma cicatrização mais rápida de feridas e um menor tempo de internação hospitalar e duração do tratamento ao comparar TFPN com gerenciamento de feridas convencional no tratamento de osteomielite pós-esternotomia.

Em feridas mediastinais, vasos e órgãos são frequentemente expostos; deve-se ter cuidado no uso da TFPN nessas circunstâncias.

Conduta dos autores para TFPN em feridas esternais

Em circunstâncias nas quais o desbridamento de feridas por meio de trocas de curativo de TFPN não é desejado, recomendamos o uso de uma camada de contato com a ferida (consulte a discussão posterior). Esta estratégia evita o crescimento interno do tecido de granulação no material de preenchimento TFPN

ou esponja, protegendo assim os tecidos subjacentes. Usamos TFPN com uma camada intermediária contata com a ferida para feridas esternas.

TFPN PARA ABDOMEN ABERTO

O abdome aberto é uma situação desafiadora associada a considerável morbidade e mortalidade.⁴⁷ A síndrome do compartimento abdominal, hipertensão intra-abdominal, infecções e fascíte necro-tizante levaram ao aumento do uso do abdome aberto como modalidade de tratamento. O advento das laparotomias para controle de danos também aumentou a incidência de abdome aberto em cenários de unidade de terapia intensiva (UTI). O conceito é baseado em uma abordagem de 3 etapas para lesão abdominal:

1. Uma laparotomia exploradora é realizada para reparar lesões graves e também para tamponar áreas de sangramento.
2. Em seguida, o paciente é então transferido para uma configuração de UTI cirúrgica para estabilização e reanimação; frequentemente, o abdômen fica aberto durante essa fase.
3. Uma vez estabilizado, o paciente retorna à sala de cirurgia para reparos mais definitivos das lesões e possível fechamento do abdome. Este procedimento pode exigir várias tentativas, durante as quais o abdômen fica aberto.

Os desafios do abdômen aberto incluem:

- Gestão de perdas insensíveis de fluido
- Contenção de órgãos intra-abdominais
- Tratamento de edema visceral
- Prevenção de retração fascial
- Preservação da integridade fascial.

Várias técnicas diferentes são usadas para cobrir temporariamente a ferida abdominal aberta.

Bolsas de Bogotá, dispositivos de brocas artificiais, zíperes, silos e assim por diante têm sido usados para fechamento, alcançando taxas de fechamento fascial de 65% a 100%.⁴⁸⁻⁵³

Também há evidências de que a TFPN facilita o fechamento fascial primário retardado rápido, com altas taxas de sucesso e baixa morbidade.⁵⁴⁻⁵⁸

Miller e colegas⁵⁸ relataram um estudo prospectivo de 43 pacientes que receberam TFPN durante o curso de seu tratamento de abdome aberto, alcançando taxas de fechamento fascial de 88%.

Em pacientes com grandes defeitos fasciais não passíveis de fechamento primário, a inclusão da matriz dérmica acelular como uma ponte fascial junto com TFPN levou ao fechamento tardio bem-sucedido, com baixas taxas de complicações.⁵⁹ A adição de fechamento fascial sequencial suturado por retenção ao VAC pode aumentar a taxa de fechamento abdominal em pacientes com sepse abdominal grave.⁶⁰

Pliakos e colegas⁶⁰ mostraram tempo de fechamento abdominal de 8 dias versus 12 para o grupo tratado com suturas de retenção dinâmica em adição à TFPN versus TFPN sozinha.

Deve-se observar que há um aumento da formação de tecido de granulação e um aumento do risco relatado de formação de fístulas entrecutâneas com o uso de preenchimento TFPN colocado diretamente sobre o intestino exposto.⁶¹ O uso de camada de contato com a ferida (ver discussão posterior) é recomendado para mitigar este risco.⁶²

Conduta dos autores para TFPN em abdômen aberto

Usamos rotineiramente a TFPN sem suturas de retenção dinâmica para tratar o abdômen aberto.

As fístulas entrecutâneas representam um problema particularmente comum em muitos andares de cirurgia geral. A mortalidade associada a essas lesões varia de 5% a 20% com morbidade adicional aumentada.⁶³ TFPN foi relatada em uma série de casos de ⁹¹ pacientes para reduzir o débito da fístula e até mesmo suprimi-lo inteiramente.⁶⁴ Embora encorajador, a escassez de dados não permite que recomendações sejam feitas para o uso de TFPN fora de unidades especializadas para este tipo de doença.

TFPN PARA MELHORFIXAÇÃO DE ENXERTOS DE PELE

TFPN foi usada em vez dos métodos tradicionais de reforço para fornecer fixação de enxerto de pele. O uso inicial da TFPN é na preparação do leito da ferida, reduzindo o tamanho da ferida, bem como melhorando a quantidade de tecido de granulação disponível para enxerto. Uma vez que o enxerto foi colocado, o curativo TFPN distribui pressão negativa uniformemente sobre a superfície do enxerto fresco, imobilizando o enxerto com menos chance de cisalhamento. As forças de cisalhamento permitem a formação de coleções fluidas e seromas, que interrompem a interface entre o enxerto e o leito vascular preparado. A remoção ativa de fluido do leito da ferida ajuda a prevenir esta situação e também facilita a inosculação e revascularização. A melhor tomada qualitativa do enxerto de pele e melhorias quantitativas no sucesso do enxerto de pele (ou seja, menos enxertos repetidos) foram descritas em estudos observacionais e 2 ensaios clínicos randomizados. Em um dos ensaios, 60 pacientes foram atribuídos aleatoriamente ao curativo de TFPN conectado a um sistema de aspiração versus curativo de TFPN não conectado a um sistema de aspiração após STSG. TFPN foi associada a perda de enxerto com resultados significativos: redução a zero versus: 4,5 cm² no grupo controle.

- Duração média da hospitalização: 13,5 versus 17 dias.

Moisidis et al.⁶⁵ compararam um curativo de reforço padrão com um curativo de TFPN, embora a pega quantitativa do enxerto tenha sido semelhante entre os 2 grupos, a TFPN melhorou significativamente a aparência qualitativa do enxerto (as taxas de epiteliação e os enxertos de pele foram melhores do que aqueles do grupo de controle em 75% e 85% dos casos, respectivamente).^{65,66}

Conduta de autores para TFPN em enxertos de pele

Usamos rotineiramente a TFPN com uma esponja de espuma e uma outra camada para contato com a ferida para ajudar a proteger nossos enxertos de pele e outros enxertos.

TFPN PARA RETALHOS

A utilidade da TFPN sobre retalhos vascularizados é controversa. TFPN mostrou reduzir o fluxo sanguíneo cutâneo em indivíduos saudáveis e esse efeito é mais pronunciado em pressões negativas extremas.⁶⁷⁻⁶⁹ Essa redução no fluxo sanguíneo devido à pressão seria uma contra-indicação para seu uso sobre um retalho criado recentemente.

Morgan e colaboradores⁷⁰ também relataram apenas 2 perdas de retalhos, que foram atribuídos à intensidade da pressão. No entanto, a NPWT também demonstrou reduzir o edema do tecido e melhorar a congestão venosa e o contorno dos retalhos, todos considerados benéficos.⁷¹⁻⁷³

Eisenhardt e colegas,⁷⁴ especificamente, relataram que a TFPN não aumenta o risco de taxas de falha do retalho ou complicações. Em seu estudo com 26 pacientes submetidos à reconstrução microcirúrgica de defeitos pós-traumáticos de tecidos moles da extremidade inferior usando TFPN, apenas 2 falhas de retalho foram observadas (em pacientes com doença vascular periférica). Além disso, a TFPN também reduz a resposta inflamatória observada em retalhos musculares livres como resultado de lesão de isquemia / reperfusão, além de fornecer um efeito protetor ao reduzir a apoptose e o dano do tecido muscular.⁷² Evidências adicionais que apoiem o uso de retalhos de TFPN são necessárias antes do definitivo recomendações podem ser feitas.

Conduta dos autores para TFPN para retalhos

Tratamos rotineiramente os retalhos miofasciais pediculados com TFPN para reforçar os enxertos de pele. Não usamos TFPN em retalhos cutâneos.

VARIÁVEIS INTRÍNSECAS TFPN

Depois de determinar que a TFPN seria benéfica para uma ferida específica, avaliamos várias outras variáveis intrínsecas à aplicação da TFPN. As variáveis de aplicação TFPN incluem tipo de material de preenchimento, camada de contato da ferida e nível de pressão.

Material de preenchimento da espuma

O material usado sob o curativo oclusivo pode incluir espuma preta (poliuretano), espuma branca (álcool polivinílico [conceitos cinéticos]) ou gaze. Esses materiais provaram ser quase equivalentes na transmissão de pressão e remoção de exsudatos da ferida. Clinicamente, a espuma e a gaze apresentam resultados semelhantes em termos de desenvolvimento de tecido de granulação e contração da ferida; no entanto, a espuma resulta em mais contração da ferida em feridas maiores.^{21,75} A espuma preta é mais frequentemente usada por conveniência. Com base em evidências isoladas, em feridas profundas com uma pequena abertura superficial ou geometria interna complexa, a gaze pode ser preferível para evitar a possível retenção de espuma dentro da ferida. Sobre enxertos de pele, a espuma preta é rotineiramente usada com uma outra camada adicional de contato com a ferida e resulta em um aumento da porcentagem de pega do enxerto.^{20,65} Embora não existam fortes evidências defendendo o uso de um tipo de material de preenchimento sobre o outro para acelerar a ferida na cicatrização, existem dados de nível 1 para apoiar o uso de gaze para diminuir a dor associada às trocas de curativos.²¹ Acredita-se que essa situação seja causada pelo menor grau de crescimento do tecido para dentro da gaze.

Camada adicional de contato da ferida

Uma camada de contato com a ferida foi definida como uma camada fina de material entre o leito da ferida e o material de preenchimento TFPN. Idealmente, uma camada de contato com a ferida deve permitir a transmissão da pressão negativa através dela, permitindo a saída de fluido, bem como evitando que

o leito da ferida adira ao material de preenchimento secundário ao crescimento do tecido. Essa estratégia permite uma remoção mais fácil do material de preenchimento, levando a menos danos às estruturas subjacentes durante as trocas de curativos. A camada de contato com a ferida também torna a remoção do material de preenchimento menos dolorosa para os pacientes. Usamos rotineiramente uma camada de contato com a ferida em feridas mediastinais. Usamos rotineiramente uma camada de contato com a ferida ao usar TFPN para ajudar na aderência do enxerto de pele. Há preocupações de que a camada de contato com a ferida possa diminuir a saída de fluido do leito da ferida ou afetar a transferência de pressão para o leito da ferida.⁷⁶ O uso de uma camada de contato com a ferida é recomendado quando a TFPN for aplicada no intestino exposto ou feridas mediastinais.

Nível de pressão TFPN

A escolha do nível de pressão para TFPN é importante:

1. A decisão sobre qual pressão seria ideal para a ferida
2. A decisão se a pressão deve ser contínua ou intermitente.

A pressão comumente aceita de 125 mm Hg foi sugerida após estudar a granulação da ferida nas pressões de 25 mm Hg, 125 mm Hg e 500 mm Hg. As feridas tratadas a 25 mm Hg não mostraram granulação, e aquelas tratadas a 500 mm Hg tinham malformações do tecido de granulação.⁷⁷ As feridas tratadas a 125 mm Hg tiveram formação de tecido de granulação, mas esta pressão não foi mais comparada com 75 mm Hg, 200 mm Hg ou outras pressões mais próximas para determinar melhor a pressão ideal.

Para alguns pacientes, parece haver uma correlação entre o aumento da pressão negativa e a dor.⁶⁸

Acredita-se que a alternância da pressão de 0 mm Hg a 125 mm Hg acelera a formação do tecido de granulação, aumentando a frequência e a intensidade das macro deformações no leito da ferida. No entanto, na prática, o uso de pressão alternada tem sido difícil. Os pacientes podem sentir dor devido à contração e relaxamento contínuos. A ferida pode acumular umidade durante o ciclo desligado. Esses exsudatos da ferida geralmente vazam por baixo do curativo oclusivo, levando à perda de aderência e subsequente perda de pressão. Um possível método de evitar esses problemas é alternar entre uma configuração de pressão baixa e alta que mantém uma pressão negativa constante, mas ainda atinge a intermitência desejada.

Usamos consistentemente TFPN a 125 mm Hg em um ciclo contínuo. A pressão pode ser reduzida para 75 mm Hg para pacientes que sentem dor com a aplicação da TFPN.

COMPLICAÇÕES DE TFPN

Doze mortes e 174 ferimentos associados aos sistemas TFPN foram relatados à Food and Drug Administration dos EUA desde 2007.⁷⁸

Infecção

Infecções de feridas ocorreram em mais da metade dos casos, a maioria das quais relacionadas à retenção de curativos nas feridas. Esses pacientes tiveram recuperação retardada e necessitaram de exploração da ferida, remoção cirúrgica do tecido morto (desbridamento da ferida) e drenagem.

Sangramento

O sangramento continua a ser a causa dos eventos adversos mais graves e foi relatado em 89 pacientes, incluindo 9 notificações de óbito. O sangramento ocorreu em pacientes que tiveram enxertos de vasos sanguíneos, infecções de feridas, aqueles que receberam medicamentos para coágulos sanguíneos e durante a remoção de curativos

preso aos tecidos. O sangramento contribuiu para o choque, a pressão arterial baixa e o inchaço contendo sangue (hematoma). Alguns dos pacientes que apresentaram sangramento necessitaram de cirurgia adicional para estancar o sangramento, transfusões de sangue, admissão ao pronto-socorro e hospitalização.

Demografia

A maioria dos relatos de mortes e ferimentos indicou que os pacientes estavam recebendo TFPN em casa ou em uma casa de repouso ou instalação de cuidados de longo prazo.

Evasão

Pode ser difícil evitar essas complicações. Selecionamos cuidadosamente os pacientes para TFPN e garantimos que todos os pacientes sejam transferidos para uma instalação familiarizada com o dispositivo ou para um serviço de enfermagem domiciliar com o dispositivo.

IMPACTO SOCIOECONÔMICO DA TFPN

Em termos de custo do tratamento, a TFPN está associada a um custo inicial de materiais mais alto em comparação com os curativos tradicionais, mas ainda é custo efetivo em geral.⁷⁹

Philbeck et al, em uma análise retrospectiva das taxas de cura, relataram que uma ferida média de 22,2 cm² levaria 97 dias para cicatrizar a um custo de \$ 14.546 com TFPN contra 247 dias e \$ 23.465 para feridas tratadas com terapia tradicional. Braakenburg e colegas⁸⁰ também relataram a utilidade da TFPN em melhorar os resultados e reduzir o uso de recursos de enfermagem. Esse achado, junto com a diminuição nas trocas de curativos, resulta em maior satisfação do paciente.

1. Fleischmann W, Strecker W, Bombelli M, et al. Vacuum sealing as treatment of soft tissue damage in open fractures. *Unfallchirurg* 1993;96(9):488–92 [in German].
2. Fleischmann W, Lang E, Kinzi L. Vacuum assisted wound closure after dermatofasciotomy of the lower extremity. *Unfallchirurg* 1996;99(4):283–7 [in German].
3. Fleischmann W, Russ M, Marquardt C. Closure of defect wounds by combined vacuum sealing with instrumental skin expansion. *Unfallchirurg* 1996; 99(12):970–4 [in German].
4. Fleischmann W, Lang E, Russ M. Treatment of infection by vacuum sealing. *Unfallchirurg* 1997;100(4): 301–4 [in German].
5. Thoner B, Fleischmann W, Moch D. Wound treatment by vacuum sealing. *Krankenpfl J* 1998;36(3): 78–82 [in German].
6. Argenta LC, Morykwas MJ. Vacuum-assisted closure: a new method for wound control and treatment: clinical experience. *Ann Plast Surg* 1997;38(6):563–76 [discussion: 577].
7. Morykwas MJ, Argenta LC, Shelton-Brown EI, et al. Vacuum-assisted closure: a new method for wound control and treatment: animal studies and basic foundation. *Ann Plast Surg* 1997;38(6):553–62.
8. Winter GD. Formation of the scab and the rate of epithelization of superficial wounds in the skin of the young domestic pig. *Nature* 1962;193: 293–4.
9. Bishop SM, Walker M, Rogers AA, et al. Importance of moisture balance at the wound-dressing interface. *J Wound Care* 2003;12(4):125–8.
10. Saxena V, Hwang CW, Huang S, et al. Vacuum-assisted closure: microdeformations of wounds and cell proliferation. *Plast Reconstr Surg* 2004;114(5): 1086–96 [discussion: 1097–8].
11. Ilizarov GA. The tension-stress effect on the genesis and growth of tissues: Part II. The influence of the rate and frequency of distraction. *Clin Orthop Relat Res* 1989;(239):263–85.
12. Ilizarov GA. The tension-stress effect on the genesis and growth of tissues. Part I. The influence of stability of fixation and soft-tissue preservation. *Clin Orthop Relat Res* 1989;(238):249–81.
13. Birke-Sorensen H, Malmisjo M, Rome P, 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.
14. Kinetic Concepts Inc. V.A.C. therapy indications and contraindications. Available at: <http://www.kci1.com/KCI1/indicationsandcontraindications>. Accessed January 17, 2012.
15. White RA, Miki RA, Kazmier P, et al. Vacuum-assisted closure complicated by erosion and hemorrhage of the anterior tibial artery. *J Orthop Trauma* 2005; 19(1):56–9.
16. Grauhan O, Navarsadyan A, Hussmann J, et al. Infectious erosion of aorta ascendens during vacuum-assisted therapy of mediastinitis. *Interact Cardiovasc Thorac Surg* 2010;11(4):493–4.
17. Kiessling AH, Lehmann A, Isgro F, et al. Tremendous bleeding complication after vacuum-assisted sternal closure. *J Cardiothorac Surg* 2011;6:16.
18. Fischer JE. A cautionary note: the use of vacuum-assisted closure systems in the treatment of gastrointestinal cutaneous fistula may be associated with higher mortality from subsequent fistula development. *Am J Surg* 2008;196(1):1–2.
19. Vuerstaek JD, Vainas T, Wuite J, et al. State-of-the-art treatment of chronic leg ulcers: a randomized controlled trial comparing vacuum-assisted closure (V.A.C.) with modern wound dressings. *J Vasc Surg* 2006;44(5):1029–37 [discussion: 1038].
20. Korber A, Franckson T, Grabbe S, et al. Vacuum assisted closure device improves the take of mesh grafts in chronic leg ulcer patients. *Dermatology* 2008;216(3):250–6.
21. Dorafshar AH, Franczyk M, Gottlieb LJ, et al. A prospective randomized trial comparing subatmospheric wound therapy with a sealed gauze dressing and the standard vacuum-assisted closure device. *Ann Plast Surg* 2011. [Epub ahead of print].
22. Reiber G, Boyko E, Smith DG. Lower extremity foot ulcers and amputations in diabetes. In: Harris MI, Cowie CC, Stern MP, et al, editors. *Diabetes in America*. 2nd edition. Washington, DC: U.S. Department of Health and Human Services, Public Health Service, National Institutes of Health; 1995. [Chapter: 18].
23. Sepulveda G, Espindola M, Maureira M, et al. Negative-pressure wound therapy versus standard wound dressing in the treatment of diabetic foot amputation. A randomised controlled trial. *Cir Esp* 2009;86(3):171–7 [in Spanish].
24. Eginton MT, Brown KR, Seabrook GR, et al. A prospective randomized evaluation of negative-pressure wound dressings for diabetic foot wounds. *Ann Vasc Surg* 2003;17(6):645–9.
25. Akbari A, Moodi H, Ghiasi F, et al. Effects of vacuum-compression therapy on healing of diabetic foot ulcers: randomized controlled trial. *J Rehabil R D* 2007;44(5):631–6.
26. Blume PA, Walters J, Payne W, et al. Comparison of negative pressure wound therapy using vacuum-assisted closure with advanced moist wound therapy in the treatment of diabetic foot ulcers: a multicenter randomized controlled trial. *Diabetes Care* 2008;31(4):631–6.
27. Armstrong DG, Lavery LA. Negative pressure wound therapy after partial diabetic foot amputation:

- a multicentre, randomised controlled trial. *Lancet* 2005;366(9498):1704–10.
28. McCallon SK, Knight CA, Valiulus JP, et al. Vacuum-assisted closure versus saline-moistened gauze in the healing of postoperative diabetic foot wounds. *Ostomy Wound Manage* 2000;46(8):28–32, 34.
 29. Mullner T, Mrkonjic L, Kwasny O, et al. The use of negative pressure to promote the healing of tissue defects: a clinical trial using the vacuum sealing technique. *Br J Plast Surg* 1997;50(3):194–9.
 30. Greer S, Kasabian A, Thorne C, et al. The use of a subatmospheric pressure dressing to salvage a Gustilo grade IIIB open tibial fracture with concomitant osteomyelitis to avert a free flap. *Ann Plast Surg* 1998;41(6):687.
 31. DeFranzo AJ, Argenta LC, Marks MW, et al. The use of vacuum-assisted closure therapy for the treatment of lower-extremity wounds with exposed bone. *Plast Reconstr Surg* 2001;108(5):1184–91.
 32. Stannard JP, Robinson JT, Anderson ER, et al. Negative pressure wound therapy to treat hematomas and surgical incisions following high-energy trauma. *J Trauma* 2006;60(6):1301–6.
 33. Fogerty MD, Abumrad NN, Nanney L, et al. Risk factors for pressure ulcers in acute care hospitals. *Wound Repair Regen* 2008;16(1):11–8.
 34. Joseph E, Hamori CA, Bergman S, et al. A prospective randomized trial of vacuum assisted closure versus standard therapy of chronic nonhealing wounds. *Wounds* 2000;12(3):60–7.
 35. Ford CN, Reinhard ER, Yeh D, et al. Interim analysis of a prospective, randomized trial of vacuum-assisted closure versus the healthpoint system in the management of pressure ulcers. *Ann Plast Surg* 2002;49(1):55–61 [discussion: 61].
 36. Wanner MB, Schwarzl F, Strub B, et al. Vacuum-assisted wound closure for cheaper and more comfortable healing of pressure sores: a prospective study. *Scand J Plast Reconstr Surg Hand Surg* 2003;37(1):28–33.
 37. Mody GN, Nirmal IA, Duraisamy S, et al. A blinded, prospective, randomized controlled trial of topical negative pressure wound closure in India. *Ostomy Wound Manage* 2008;54(12):36–46.
 38. Baharestani MM, Houliston-Otto DB, Barnes S. Early versus late initiation of negative pressure wound therapy: examining the impact on home care length of stay. *Ostomy Wound Manage* 2008;54(11):48–53.
 39. Molnar JA. Applications of negative pressure wound therapy to thermal injury. *Ostomy Wound Manage* 2004;50(Suppl 4A):17–9.
 40. Morykwas MJ, David LR, Schneider AM, et al. Use of subatmospheric pressure to prevent progression of partial-thickness burns in a swine model. *J Burn Care Rehabil* 1999;20(1 Pt 1):15–21.
 41. Damiani G, Pinnarelli L, Sommella L, et al. Vacuum-assisted closure therapy for patients with infected sternal wounds: a meta-analysis of current evidence. *J Plast Reconstr Aesthet Surg* 2011;64(9):1119–23.
 42. Catarino PA, Chamberlain MH, Wright NC, et al. High-pressure suction drainage via a polyurethane foam in the management of poststernotomy mediastinitis. *Ann Thorac Surg* 2000;70(6):1891–5.
 43. Domkowski PW, Smith ML, Gonyon DL Jr, et al. Evaluation of vacuum-assisted closure in the treatment of poststernotomy mediastinitis. *J Thorac Cardiovasc Surg* 2003;126(2):386–90.
 44. Fleck TM, Fleck M, Moidl R, et al. The vacuum-assisted closure system for the treatment of deep sternal wound infections after cardiac surgery. *Ann Thorac Surg* 2002;74(5):1596–600 [discussion: 1600].
 45. Moidl R, Fleck T, Giovanoli P, et al. Cost effectiveness of V.A.C. therapy after post-sternotomy mediastinitis. *Zentralbl Chir* 2006;131(Suppl 1):S189–90.
 46. Doss M, Martens S, Wood JP, et al. Vacuum-assisted suction drainage versus conventional treatment in the management of poststernotomy osteomyelitis. *Eur J Cardiothorac Surg* 2002;22(6):934–8.
 47. Barker DE, Kaufman HJ, Smith LA, et al. Vacuum pack technique of temporary abdominal closure: a 7-year experience with 112 patients. *J Trauma* 2000;48(2):201–6 [discussion: 206–7].
 48. Miller PR, Thompson JT, Faler BJ, et al. Late fascial closure in lieu of ventral hernia: the next step in open abdomen management. *J Trauma* 2002;53(5):843–9.
 49. DeFranzo AJ, Pitzer K, Molnar JA, et al. Vacuum-assisted closure for defects of the abdominal wall. *Plast Reconstr Surg* 2008;121(3):832–9.
 50. Garner GB, Ware DN, Cocanour CS, et al. Vacuum-assisted wound closure provides early fascial reapproximation in trauma patients with open abdomens. *Am J Surg* 2001;182(6):630–8.
 51. Cothren CC, Moore EE, Johnson JL, et al. One hundred percent fascial approximation with sequential abdominal closure of the open abdomen. *Am J Surg* 2006;192(2):238–42.
 52. Diaz JJ Jr, Dutton WD, Ott MM, et al. Eastern Association for the Surgery of Trauma: a review of the management of the open abdomen—part 2 “Management of the open abdomen”. *J Trauma* 2011;71(2):502–12.
 53. Koniaris LG, Hendrickson RJ, Drugas G, et al. Dynamic retention: a technique for closure of the complex abdomen in critically ill patients. *Arch Surg* 2001;136(12):1359–62 [discussion: 1363].
 54. Perez D, Wildi S, Clavien PA. The use of an abdominal vacuum-dressing system in the management of abdominal wound complications. *Adv Surg* 2007;41:121–31.
 55. Perez D, Wildi S, Demartines N, et al. Prospective evaluation of vacuum-assisted closure in abdominal

- compartment syndrome and severe abdominal sepsis. *J Am Coll Surg* 2007;205(4):586–92.
56. Petersson U, Acosta S, Björck M. Vacuum-assisted wound closure and mesh-mediated fascial traction—a novel technique for late closure of the open abdomen. *World J Surg* 2007;31(11):2133–7.
 57. Suliburk JW, Ware DN, Balogh Z, et al. Vacuum-assisted wound closure achieves early fascial closure of open abdomens after severe trauma. *J Trauma* 2003;55(6):1155–60 [discussion: 1160–1].
 58. Miller PR, Meredith JW, Johnson JC, et al. Prospective evaluation of vacuum-assisted fascial closure after open abdomen: planned ventral hernia rate is substantially reduced. *Ann Surg* 2004;239(5):608–14 [discussion: 614–6].
 59. de Moya MA, Dunham M, Inaba K, et al. Long-term outcome of acellular dermal matrix when used for large traumatic open abdomen. *J Trauma* 2008; 65(2):349–53.
 60. Pliakos I, Papavramidis TS, Mihalopoulos N, et al. Vacuum-assisted closure in severe abdominal sepsis with or without retention sutured sequential fascial closure: a clinical trial. *Surgery* 2010;148(5): 947–53.
 61. Rao M, Burke D, Finan PJ, et al. The use of vacuum-assisted closure of abdominal wounds: a word of caution. *Colorectal Dis* 2007;9(3):266–8.
 62. Shaikh IA, Ballard-Wilson A, Yalamarthy S, et al. Use of topical negative pressure in assisted abdominal closure does not lead to high incidence of enteric fistulae. *Colorectal Dis* 2010;12(9):931–4.
 63. Levy E, Frileux P, Cugnenc PH, et al. High-output external fistulae of the small bowel: management with continuous enteral nutrition. *Br J Surg* 1989; 76(7):676–9.
 64. Wainstein DE, Fernandez E, Gonzalez D, et al. Treatment of high-output enterocutaneous fistulas with a vacuum-compaction device. A ten-year experience. *World J Surg* 2008;32(3):430–5.
 65. Moisisidis E, Heath T, Boorer C, et al. A prospective, blinded, randomized, controlled clinical trial of topical negative pressure use in skin grafting. *Plast Reconstr Surg* 2004;114(4):917–22.
 66. Llanos S, Danilla S, Barraza C, et al. Effectiveness of negative pressure closure in the integration of split thickness skin grafts: a randomized, double-masked, controlled trial. *Ann Surg* 2006;244(5):700–5.
 67. Kairinos N, Voogd AM, Botha PH, et al. Negative-pressure wound therapy II: negative-pressure wound therapy and increased perfusion. Just an illusion? *Plast Reconstr Surg* 2009;123(2):601–12.
 68. Kairinos N, Solomons M, Hudson DA. Negative-pressure wound therapy I: the paradox of negative-pressure wound therapy. *Plast Reconstr Surg* 2009;123(2):589–98 [discussion: 599–600].
 69. Wackenfors A, Gustafsson R, Sjogren J, et al. Blood flow responses in the peristernal thoracic wall during vacuum-assisted closure therapy. *Ann Thorac Surg* 2005;79(5):1724–30 [discussion: 1730–1].
 70. Morgan K, Brantigan CO, Field CJ, et al. Reverse sural artery flap for the reconstruction of chronic lower extremity wounds in high-risk patients. *J Foot Ankle Surg* 2006;45(6):417–23.
 71. Hanasono MM, Skoracki RJ. Securing skin grafts to microvascular free flaps using the vacuum-assisted closure (VAC) device. *Ann Plast Surg* 2007;58(5):573–6.
 72. Eisenhardt SU, Schmidt Y, Thiele JR, et al. Negative pressure wound therapy reduces the ischaemia/reperfusion-associated inflammatory response in free muscle flaps. *J Plast Reconstr Aesthet Surg* 2012;65(5):640–9.
 73. Bannasch H, Iblher N, Penna V, et al. A critical evaluation of the concomitant use of the implantable Doppler probe and the vacuum assisted closure system in free tissue transfer. *Microsurgery* 2008; 28(6):412–6.
 74. Eisenhardt SU, Momeni A, Iblher N, et al. The use of the vacuum-assisted closure in microsurgical reconstruction revisited: application in the reconstruction of the posttraumatic lower extremity. *J Reconstr Microsurg* 2010;26(9):615–22.
 75. Malmström M, Lindstedt S, Ingemansson R. Effects of foam or gauze on sternum wound contraction, distension and heart and lung damage during negative-pressure wound therapy of porcine sternotomy wounds. *Interact Cardiovasc Thorac Surg* 2011;12(3):349–54.
 76. Jones SM, Banwell PE, Shakespeare PG. Interface dressings influence the delivery of topical negative-pressure therapy. *Plast Reconstr Surg* 2005;116(4): 1023–8.
 77. Morykwas MJ, Faler BJ, Pearce DJ, et al. Effects of varying levels of subatmospheric pressure on the rate of granulation tissue formation in experimental wounds in swine. *Ann Plast Surg* 2001;47(5):547–51.
 78. Food and Drug Administration Safety Communication: Update on serious complications associated with negative pressure wound therapy systems. 2011. Available at: <http://www.fda.gov/MedicalDevices/Safety/AlertsandNotices/ucm244211.htm>. Accessed March 18, 2012.
 79. Philbeck TE Jr, Whittington KT, Millsap MH, et al. The clinical and cost effectiveness of externally applied negative pressure wound therapy in the treatment of wounds in home healthcare Medicare patients. *Ostomy Wound Manage* 1999;45(11):41–50.
 80. Braakenburg A, Obdeijn MC, Feitz R, et al. The clinical efficacy and cost effectiveness of the vacuum-assisted closure technique in the management of acute and chronic wounds: a randomized controlled trial. *Plast Reconstr Surg* 2006;118(2):390–7 [discussion: 398–400].
 81. Kamolz LP, Andel H, Haslik W, et al. Use of subatmospheric pressure therapy to prevent burn wound

- progression in human: first experiences. *Burns* 2004;30(3):253–8.
82. Danks RR, Lairet K. Innovations in caring for a large burn in the Iraq war zone. *J Burn Care & Res* 2010; 31(4):665–9.
83. Haslik W, Kamolz LP, Andel H, et al. The use of subatmospheric pressure to prevent burn wound progression: first experiences in burn wound treatment. *Zentralbl Chir* 2004;129(Suppl 1):S62–3 [in German].
84. Molnar JA, Simpson JL, Voignier DM, et al. Management of an acute thermal injury with subatmospheric pressure. *J Burns Wounds* 2005; 4:e5.