

Uso Prático de Torniquetes de Emergência para Estancar Hemorragias em Traumas Graves de Membros

John F. Kragh, Jr., MD, Thomas J. Walters, PhD, David G. Baer, PhD, Charles J. Fox, MD, Charles E. Wade, PhD, Jose Salinas, PhD, and COL John B. Holcomb, MC

Introdução: Anteriormente demonstramos que os torniquetes foram dispositivos que salvaram vidas na guerra atual. Poucos estudos, no entanto, descrevem sua morbididade real em vítimas de combate. O objetivo deste estudo foi medir o uso de torniquetes e as complicações associadas.

Métodos: Foi realizado um levantamento prospectivo de vítimas que necessitaram do uso de torniquetes em um hospital de apoio ao combate em Bagdá, durante 7 meses em 2006. Os pacientes foram avaliados quanto ao uso do torniquete, desfecho do membro e morbididade. Identificamos potenciais morbididades a partir da literatura e as investigamos prospectivamente. O protocolo foi aprovado pelo comitê de ética em pesquisa institucional.

Resultados: Os 232 pacientes tiveram 428 torniquetes aplicados em 309 membros lesionados. Os torniquetes mais eficazes foram o Torniquete Médico de Emergência (92%) e o Torniquete de Aplicação em Combate (79%). Quatro pacientes (1,7%) apresentaram paralisia nervosa transitória no nível do torniquete, enquanto seis apresentaram paralisias no nível da ferida. Não foi observada associação entre o tempo de uso do torniquete e a morbididade. Não houve associação aparente entre o tempo total de uso do torniquete e a morbididade (coágulos, mionecrose, rigidez, dor, paralisias, insuficiência renal, amputação e fasciotomia). Nenhuma amputação resultou exclusivamente do uso do torniquete. No entanto, seis (2,6%) vítimas com oito amputações traumáticas preexistentes posteriormente

necessitaram de amputações cirúrgicas complementares e também permaneceram com torniquetes por mais de 2 horas. A taxa de membros submetidos à fasciotomia com tempo de torniquete inferior a 2 horas foi de 28% (75 de 272) e, com tempo superior a 2 horas, foi de 36% (9 de 25; $p = 0,4$).

Conclusões: O risco de morbididade foi baixo e houve uma relação risco-benefício positiva, considerando o benefício de sobrevivência. Nenhum membro foi perdido devido ao uso do torniquete, e a duração do uso não esteve associada a aumento da morbididade. A educação para o uso precoce de torniquetes militares deve continuar.

Palavras-chave: Torniquete, Hemorragia, Ressuscitação, Extremidades gravemente lesionadas, Vítimas em massa.

J Trauma. 2008;64:S38–S50.

A hemorragia decorrente de lesões em membros continua sendo uma das principais causas de morte no campo de batalha^{1,2}, e recentemente demonstramos, na guerra atual, que o uso de torniquetes de emergência melhora as taxas de sobrevivência em pacientes com traumas graves de membros³. Em resposta ao desenvolvimento, testes, treinamento e distribuição de torniquetes para o campo de batalha pelo Exército dos EUA^{4,5}, todo o pessoal militar em operação passou a portar torniquetes, que agora são comuns nos campos de batalha do Iraque e do Afeganistão, tanto nas mãos de profissionais de saúde quanto de pessoal não médico.

Embora as forças armadas dos EUA não sejam as únicas a estabelecer procedimentos e equipamentos para o uso de torniquetes no ambiente pré-hospitalar por profissionais de saúde e não profissionais^{6,7}, o uso de torniquetes permanece controverso e não é consensual entre todos os autores,

com alguns autores proibindo totalmente o uso pré-hospitalar de torniquetes.¹¹ Como demonstramos que os torniquetes são dispositivos que salvam vidas, a próxima controvérsia importante diz respeito à capacidade dos torniquetes de causar danos aos tecidos e levar à amputação. Como a pesquisa sobre o uso de torniquetes de emergência em humanos é limitada, a controvérsia sobre a morbididade tem se baseado mais em especulação do que em dados reais. Desde 2003, coletamos dados referentes aos resultados do uso de torniquetes de emergência, e este estudo é uma continuação e ampliação desses esforços (ver Beekley neste suplemento do *Journal of Trauma*).

Realizamos um estudo observacional prospectivo no hospital de apoio ao combate dos Estados Unidos em Bagdá, Iraque, com pacientes que tiveram torniquetes aplicados no campo ou no departamento de emergência (DE). Nosso objetivo foi medir o uso de torniquetes e as complicações atribuíveis à sua utilização.

MÉTODOS

Design de Estudo

O protocolo deste estudo foi aprovado pelo comitê de ética em pesquisa do Brooke Army Medical Center. O período do estudo foi de 19 de março a 4 de outubro de 2006. Tratou-se de um levantamento observacional prospectivo, com análises de coorte e de subgrupos. Todos os pacientes do hospital de apoio ao combate que tiveram um torniquete de qualquer tipo utilizado em seu atendimento emergencial (pré-hospitalar, departamento de emergência ou unidade de terapia intensiva) foram incluídos no estudo. Foram excluídos pacientes com torniquetes apenas disponíveis à beira do leito, intencionalmente deixados frouxos, ou cujo primeiro torniquete aplicado ocorreu na sala de cirurgia do hospital. Detidos e prisioneiros de guerra são restritos à participação em pesquisas por políticas militares e também foram excluídos. Nenhuma intervenção experimental foi realizada.

Submetido para publicação em 29 de outubro de 2007.
Aceito para publicação em 30 de outubro de 2007.
Copyright © 2008 por Lippincott Williams & Wilkins.

Do Instituto de Pesquisa Cirúrgica do Exército dos EUA (J.F.K., T.J.W., D.G.B., C.E.W., J.S., J.B.H.), Fort Sam Houston, Texas; e do Walter Reed AMC (C.J.F.), Washington, DC.
As opiniões ou afirmações aqui contidas são de responsabilidade exclusiva dos autores e não devem ser interpretadas como oficiais ou como reflexo das posições do Departamento de Defesa ou do Governo dos Estados Unidos. Os autores são funcionários do Governo dos EUA. Este trabalho foi elaborado como parte de suas funções oficiais e, portanto, não há direitos autorais a serem transferidos.
Endereço para correspondência: John F. Kragh Jr., MD, Instituto de Pesquisa Cirúrgica do Exército dos EUA, Programa de Pesquisa em Trauma Osseo e de Tecidos Moles, 3400 Rawley E. Chambers Avenue, Prédio 3611, Sala L82-16, Fort Sam Houston, TX 78234-6315; e-mail: john.kragh@amedd.army.mil

DOI: 10.1097/TA.0b013e31816086b1

Página de Documentação do Relatório

Formulário Aprovado
Número de Controle OMB: 0704-0188

O ônus de relatório público para a coleta de informações é estimado em média de 1 hora por resposta, incluindo o tempo para revisar instruções, pesquisar fontes de dados existentes, coletar e manter os dados necessários e completar e revisar a coleta de informações. Envie comentários sobre esta estimativa de ônus ou qualquer outro aspecto desta coleta de informações, incluindo sugestões para reduzir este ônus, para Washington Headquarters Services, Directorate for Information Operations and Reports, 1215 Jefferson Davis Highway, Suite 1204, Arlington, VA 22202-4302.

1. DATA DO RELATÓRIO
OUT 2007

2. TIPO DE RELATÓRIO

3. PERÍODO ABRANGIDO
00-00-2007 a 00-00-2007

4. TÍTULO E SUBTÍTULO
Uso Prático de Torniquetes de Emergência para Estancar Hemorragias em Traumas Graves de Membros

5a. NÚMERO DO CONTRATO

5b. NÚMERO DA SUBVENÇÃO

5c. NÚMERO DO ELEMENTO DO PROGRAMA

6. AUTOR(ES)

5d. NÚMERO DO PROJETO

5e. NÚMERO DA TAREFA

5f. NÚMERO DA UNIDADE DE TRABALHO

7. NOME(S) E ENDEREÇO(S) DA ORGANIZAÇÃO EXECUTORA
Instituto de Pesquisa Cirúrgica do Exército dos EUA (USAISR), 3400 Rawley E. Chambers Avenue, Fort Sam Houston, TX, 78234-6315

8. NÚMERO DO RELATÓRIO DA ORGANIZAÇÃO EXECUTORA

9. NOME(S) E ENDEREÇO(S) DA AGÊNCIA PATROCINADORA/DE MONITORAMENTO

10. SIGLA(S) DO PATROCINADOR/MONITOR

11. NÚMERO(S) DO RELATÓRIO DO PATROCINADOR/MONITOR

12. DECLARAÇÃO DE DISTRIBUIÇÃO/DISPONIBILIDADE
Aprovado para divulgação pública; distribuição irrestrita

13. NOTAS SUPLEMENTARES

14. RESUMO

15. TERMOS-CHAVE

16. CLASSIFICAÇÃO DE SEGURANÇA DE:

a. RELATÓRIO
não classificado

b. RESUMO
não classificado

c. ESTA PÁGINA
não classificada

17. LIMITAÇÃO
DO RESUMO
Mesmo que o
Relatório (SAR)

18. NÚMERO
DE PÁGINAS
13

19a. NOME DA
PESSOA RE-
SPONSÁVEL

Coleta de Dados

Os dados coletados incluíram idade do paciente em anos, sexo, membro envolvido (direito ou esquerdo, extremidade superior ou inferior, regiões do membro [antebraço, braço, perna, coxa]), nacionalidade do paciente, data de uso do torniquete de emergência, tipo de torniquete utilizado (nome do dispositivo comercial ou descrição do torniquete improvisado), duração do uso do torniquete em horas, tempo de aplicação (intervalo entre a lesão e o uso) em minutos, local de aplicação do torniquete (pré-hospitalar ou DE), indicação do uso do torniquete (hemorragia com risco de vida ou sem risco de vida), mecanismo da lesão (como dispositivo explosivo, acidente de trânsito ou ferimento por arma de fogo), tipo de lesão (como trauma contuso ou penetrante), tratamento (incluindo procedimentos cirúrgicos e número de unidades transfundidas), Injury Severity Scores (ISS), Abbreviated Injury Score, pressão arterial sistólica, déficit de base, International Normalized Ratio (INR), frequência cardíaca inicial, descrição da lesão (por exemplo, amputação traumática, fratura aberta, lesão arterial etc.), nível do profissional que aplicou o torniquete (autoaplicação, por testemunha, soldado, socorrista, enfermeiro, médico), desfecho (salvamento do membro, óbito), complicações (músculo necrótico, síndrome compartimental, paralisia nervosa), duração do acompanhamento e problemas relacionados à aplicação (falha do dispositivo, posicionamento incorreto, exsanguinação ou sangramento contínuo do membro distal, síndrome compartimental distal, mionecrose distal, paralisia nervosa sob o local do torniquete).

Devido à dificuldade de distinguir causa e efeito em um grupo de pacientes predominantemente gravemente e múltiplamente lesionados, muitas vezes com lesão vascular preexistente, toda mortalidade e possíveis complicações relacionadas ao torniquete, como paralisias, foram registradas como de causa geral, não associando-se causa e efeito com os torniquetes, exceto para paralisia, amputação ou encurtamento. Paralisias no nível de aplicação do torniquete estão associadas à alta pressão do torniquete e frequentemente são neuropraxias transitórias, enquanto paralisias no nível da ferida são lesões traumáticas, incluindo seccionamento de nervos.

O uso prolongado de torniquetes de emergência tem sido associado ao encurtamento cirúrgico dos membros lesionados, com base na preocupação do cirurgião quanto à isquemia prolongada. Consequentemente, muitas morbidades atribuídas ao torniquete estão associadas ao seu uso, mas frequentemente não podem ser distinguidas das lesões traumáticas preexistentes versus possíveis danos causados pelo torniquete. Tivemos acesso aos registros eletrônicos de vítimas militares dos EUA no Iraque, Alemanha e Estados Unidos.

Definições

Um torniquete foi definido como qualquer dispositivo de compressão de membro, seja improvisado ou fabricado comercialmente, usado na tentativa de estancar sangramentos em extremidades.

A utilização do torniquete foi avaliada de duas maneiras: categorizamos os pacientes com base em onde os torniquetes foram aplicados geograficamente (pré-hospitalar ou no DE) e quando foram aplicados fisiologicamente em relação ao estado de choque.

Pacientes com torniquete no DE foram aqueles em que o torniquete foi inicialmente aplicado em um membro no departamento de emergência, enquanto os demais pacientes foram considerados pré-hospitalares. Também incluímos um paciente da unidade de terapia intensiva no grupo do DE. Avaliamos os torniquetes pelo número de dispositivos utilizados na análise de segurança e pelo número de pacientes com torniquetes (independentemente do número de dispositivos) para análise de mortalidade.

Choque foi definido como pulso radial fraco ou ausente em um membro não lesionado sem torniquete. Pacientes cujo torniquete foi aplicado após o início do choque foram analisados como "em choque", e todos os demais pacientes como "sem choque", ou seja, o choque não estava presente antes da aplicação do primeiro torniquete. Essa abordagem é consistente com as definições clínicas usadas no curso Tactical Combat Casualty Care, ministrado a todos os socorristas militares.

O uso intencionalmente frouxo do torniquete ocorreu quando ele foi colocado ao redor do membro, mas não apertado, caso o membro pudesse sangrar posteriormente. Esse tipo de aplicação era uma precaução, incluindo torniquetes à beira do leito prontos para uso, mas esses pacientes foram excluídos da análise.

Torniquetes foram considerados indicados medicamente quando a avaliação pós-operatória determinou que a lesão justificava seu uso. Foram considerados indicados taticamente quando havia necessidade, como atendimento sob fogo inimigo, e uso não indicado quando não havia justificativa médica ou tática. Por exemplo, fraturas abertas com lesões vasculares foram categorizadas como lesões vasculares. Uso inadequado incluía aplicação sem indicação médica ou uso proposital como torniquete venoso.

Torniquetes foram definidos como mal posicionados quando a ferida do membro estava muito proximal para que o torniquete se ajustasse entre a ferida e a virilha ou axila sem cobrir parte da ferida, quando o torniquete estava sobre a ferida (sem que a ferida fosse muito proximal) ou quando o torniquete estava distal à ferida mais proximal.

A eficácia foi avaliada de duas formas: (1) se o torniquete estancou o sangramento e (2) se eliminou o pulso distal; ou seja, se o torniquete foi totalmente ou parcialmente eficaz. Uso totalmente eficaz exigia que tanto o sangramento visível fosse controlado quanto que o pulso distal fosse palpavelmente eliminado. Uso parcialmente eficaz ocorreu quando o pulso persistiu. A drenagem de sangue por gravidade do membro com torniquete, por si só, não indicava ineficácia. Se houve amputação e não havia membro distal para avaliar pulso, ou se havia lesão vascular sem pulso distal, utilizou-se o critério "estancar sangramento" como totalmente eficaz.

Torniquete de backup foi definido quando um ou mais torniquetes foram aplicados lado a lado ao primeiro, após a ineficácia do primeiro.

Procuramos morbidades possivelmente associáveis ao uso de torniquetes na literatura, incluindo amputação ou encurtamento de coto, paralisia, mionecrose, dor significativa, coágulos, fasciotomia, insuficiência renal aguda, rigidez, abscessos, bolhas, abrasões, contusões e pinçamento.

Uma amputação foi considerada uma lesão traumática (amputação traumática), um procedimento (desbridamento ou amputação complementar dentro de 24 horas após a lesão), uma possível morbidade se o tempo de uso do torniquete foi ≥ 2 horas (amputação de revisão por encurtamento do coto após 24 horas da lesão), cirurgia por falha no salvamento do membro (≥ 24 horas após a lesão) ou cirurgia para melhorar a adaptação de prótese. O encurtamento significativo ocorreu quando uma articulação (quadril, joelho, tornozelo ou cotovelo) foi incorporada à cirurgia.

Coágulo intravascular incluiu quaisquer trombozes venosas, êmbolos ou trombectomias procedurais detectadas clinicamente associadas a reparos vasculares. Casos em que a aplicação do torniquete resultou em bloqueio nervoso regional foram considerados dor significativa.

Análise Estatística

Foram utilizadas estatísticas descritivas para o uso de torniquetes e resultados obtidos. Para comparações entre subgrupos com dados categóricos, a significância foi determinada usando o teste qui-quadrado ou, quando as contagens das categorias eram menores que cinco, usando o teste exato de Fisher. Análises de subgrupos para dados contínuos foram realizadas com o teste t de Student. Todos os testes foram bicaudais. Estatísticas descritivas também foram usadas para tirar conclusões sobre o potencial de aprimoramento da doutrina, treinamento ou dispositivos para impactar o atendimento a vítimas de combate. Um valor de $p < 0,05$ foi considerado crítico para determinar significância em todos os testes.

RESULTADOS

Demografia do Grupo do Estudo

Duzentos e sessenta e sete pacientes de 1.462 vítimas admitidas no hospital de apoio ao combate durante o período do estudo receberam torniquetes pré-hospitalares ou no DE. Trinta e dois pacientes foram excluídos. Quinze detidos tratados durante o período do estudo foram excluídos, 22 pacientes foram excluídos devido ao uso intencionalmente frouxo do torniquete, e dois pacientes atendiam aos critérios de detido e uso frouxo simultaneamente. O grupo de estudo resultante incluiu 232 pacientes (8,2%) que receberam 428 torniquetes aplicados em 309 membros.

O grupo de estudo incluiu 220 homens e 12 mulheres. As sete nacionalidades representadas incluíram 131 iraquianos, 95 americanos, 2 sul-africanos e 1 cada de queniano, nepalês, britânico e indiano. A idade média dos pacientes foi de 29 anos (mediana 28; intervalo 4–70). Havia nove crianças (<18 anos) e uma pessoa idosa (≥ 65 anos). O acompanhamento médio foi de 18 dias (intervalo 0,5–152 dias; mediana 7 dias).

Os pacientes apresentaram de um a quatro mecanismos de lesão para cada lesão de membro. A maioria das lesões (210 de 336 ou 63%) foi causada por dispositivos explosivos (232 explosões, 73 ferimentos por arma de fogo, 17 queimaduras, 13 acidentes de veículo, 1 facada). O ISS médio foi 15 (mediana 10), e 41 pacientes tiveram ISS ≥ 25 , indicando lesão grave associada a alta mortalidade.

Os 309 membros com torniquetes incluíram 164 membros direitos, 145 membros esquerdos, 81 extremidades superiores e 228 extremidades inferiores. Dos 428 torniquetes aplicados, o número de membros com um torniquete foi 203, 95 membros tiveram dois torniquetes, 10 membros tiveram três torniquetes.

E um membro recebeu cinco torniquetes (o quinto torniquete foi aplicado na chegada à Alemanha devido a novo sangramento durante o transporte). Os torniquetes na população do estudo foram aplicados por pessoas leigas, incluindo testemunhas, soldados, socorristas, enfermeiros, assistentes médicos, médicos e cirurgiões; apenas três vezes o paciente aplicou o torniquete em si. Embora a maioria dos torniquetes tenha sido aplicada por pessoas desconhecidas, quando identificadas, a maioria foi colocada por socorristas. O período do estudo (199 dias) apresentou uma média de 1,2 pacientes com torniquete por dia (232 pacientes em 199 dias) e 2,2 torniquetes por dia (428 torniquetes em 199 dias). Torniquetes pré-hospitalares, quando conhecidos, foram aplicados de 0 a 75 minutos após a lesão, com média e mediana de 10 minutos.

Os pacientes apresentaram fisiologia alterada associada à hemorragia. O déficit de base inicial em 75 pacientes foi ≤ 6 ; um valor de 6 indica anormalidade fisiológica substancial. Dez pacientes apresentaram frequência cardíaca inicial de 0 e 135 pacientes apresentaram taquicardia. O International Normalized Ratio inicial foi $\geq 1,5$ em 51 pacientes, valor indicativo de coagulopatia. O número de unidades de sangue transfundidas de qualquer tipo foi ≥ 10 unidades em 104 pacientes, sendo 10 consideradas transfusões maciças.

Indicações para Uso de Torniquete de Emergência

Todos, exceto 12 torniquetes (em 12 pacientes com lesões de tecidos moles) de 428 (97%), foram indicados, ou seja, a ferida requeria o torniquete por razões médicas ou táticas (como aplicação sob fogo para rápida evacuação e prevenção de mais vítimas). Três desses 12 pacientes tinham cada um um membro com ferida menor de tecido mole em que o torniquete pré-hospitalar não era medicamente necessário; no entanto, razões táticas tornaram a aplicação adequada. Para esses três pacientes, o tempo de uso do torniquete variou de 0,2 a 0,5 horas, e os torniquetes foram totalmente eficazes. Esses pacientes não apresentaram morbidades e retornaram prontamente ao serviço sem necessidade de cirurgia.

Nos outros nove pacientes (9 torniquetes, 2%), todos necessitaram de cirurgia para tratar lesões profundas de tecido mole sem seccionamento de artéria ou veia nomeada. Nesses nove casos, os torniquetes foram convertidos em curativos compressivos ao chegar no DE, não havia justificativa tática no local para uso do torniquete e não houve tentativa de curativo compressivo no campo.

Os torniquetes indicados estavam frequentemente associados a lesão vascular; entre os 309 membros, houve 87 amputações traumáticas, 86 lesões vasculares, 81 fraturas abertas, 45 lesões de tecidos moles e uma lesão por esmagamento.

Um dos 428 torniquetes foi usado propositalmente como torniquete venoso no DE para fraturas abertas tipo IIIB de tíbia e fíbula. Este uso inadequado foi corrigido imediatamente, realizando-se fasciotomia seguida de amputação abaixo do joelho tardia após falha do retalho nos Estados Unidos, mas a deferência de causa e efeito entre torniquete e fasciotomia ou amputação não pode ser feita facilmente. Esse paciente teve torniquete medicamente indicado e foi o único com uso inadequado que apresentou morbidade.

A taxa de óbito nos pacientes com uso inadequado foi 0% (0 de 13 pacientes), comparada à mortalidade de 14% (31 de 219) entre pacientes com torniquete apropriado. Nenhum objeto perfurante ou lesão neurológica indicou o uso de torniquete.

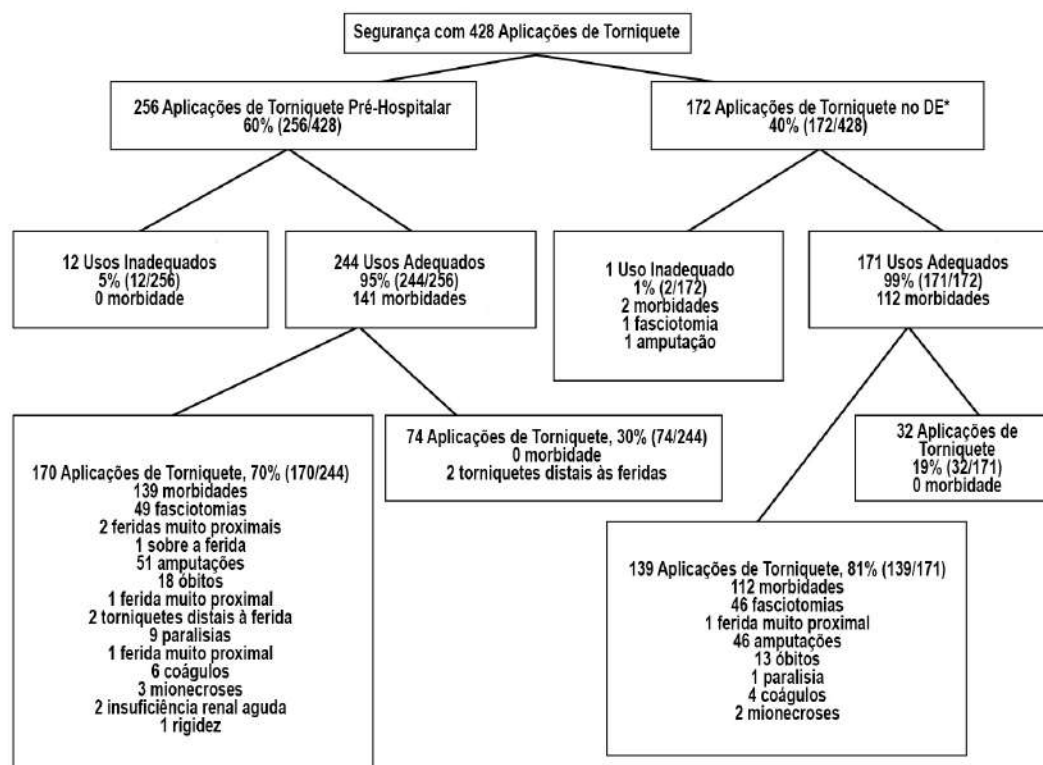


Fig. 1. Segurança do torniquete: pré-hospitalar versus departamento de emergência e uso inadequado versus adequado. O uso é contabilizado pelo número de dispositivos de torniquete. Uso inadequado significa que não havia indicação médica ou tática, ou foi usado propositalmente como torniquete venoso. Torniquetes mal posicionados são aqueles aplicados distalmente ou sobre a ferida, ou quando a ferida está muito proximal para permitir a aplicação do torniquete. As amputações nesta figura correspondem à soma de lesões traumáticas, procedimentos cirúrgicos e morbidades.

Pacientes com uso adequado de torniquete. Nenhum objeto perfurante ou lesão neurológica indicou a aplicação do torniquete.

Algumas morbidades possivelmente associadas ao uso de torniquete

Vários tipos de morbidades historicamente têm sido associados ao uso de torniquetes, e essas possíveis complicações foram avaliadas prospectivamente (Tabelas 1–6).

Os 10 coágulos incluíram uma trombose venosa profunda e nove trombectomias, realizadas em conjunto com reparo cirúrgico vascular, especialmente quando o reparo era distal. O cirurgião vascular não atribuiu essas trombectomias ao uso do torniquete. Nenhum embolismo pulmonar foi detectado nesses pacientes, com tomografias computadorizadas disponíveis para diagnosticar trombose venosa profunda ou embolia pulmonar suspeitas clinicamente.

Foram diagnosticadas 10 paralisias nervosas, seis ao nível da ferida e quatro ao nível do torniquete. As quatro paralisias ao nível do torniquete melhoraram na primeira hora após a liberação, e apenas uma apresentou leve persistência no acompanhamento de 6 dias; todos os quatro pacientes eram iraquianos. Todas essas quatro paralisias ocorreram com uso pré-hospitalar.

Pinçamento da pele, bolhas, abrasões ou contusões foram observados em sete membros de cinco pacientes, diretamente na área sob o torniquete.

Noventa e seis fasciotomias foram realizadas nos 232 pacientes, como discutido a seguir. Das 87 lesões por amputação, todas tiveram complemento cirúrgico ou desbridamentos caso o paciente sobrevivesse (alguns não sobreviveram até a cirurgia), e 11 membros tiveram tentativa de salvamento de membro fracassada. Em oito dos 98 membros, também houve uso prolongado de torniquete (≥ 2 horas), um limiar convencional para uso prolongado.

Tabela 1 – Morbidades e Uso de Torniquete

Morbidade	Número
Amputação	97
Fasciotomia	96
Coágulo	10
Paralisia	10
Mionecrose	5
Insuficiência renal aguda	2
Dor significativa	1
Rigidez	1

Os pacientes apresentaram de 0 a 3 morbidades por membro. As amputações na tabela correspondem à soma de lesões traumáticas, cirurgias e morbidades.

O Tempo de Torniquete Foi Associado à Amputação e Fasciotomia, mas Não a Outras Morbidades

O tempo de uso do torniquete foi de ≤ 2 horas, considerado o limite do chamado tempo seguro, em 91% (269 de 297) dos membros com tempo de torniquete conhecido (Tabela 2). A mediana do tempo de torniquete foi de 1,0 hora e a média de 1,3 horas.

A duração do torniquete pode ter aumentado o risco apenas de duas morbidades: amputação e fasciotomia, não havendo associação aparente com outras morbidades. Não houve associação aparente entre o tempo total de torniquete e morbidade relacionada a coágulos, mionecrose, rigidez, dor, paralisias e insuficiência renal, uma vez que: 0 de 10 coágulos, 1 de 5 casos de mionecrose, nenhum caso de rigidez ou dor, 0 de 10 paralisias e 0 de 2 casos de insuficiência renal...

Tabela 2 – Morbidade por Duração do Torniquete

Duração Total do Torniquete	0 to 1 h	>1–2 h	>2–3 h	>3–4 h	>4 h
Membros com morbidade (%)	64	71	94	100	100
Membros com morbidade (N)	98	84	16	3	5
Membros sem morbidade	56	34	1	0	0

A duração do torniquete para 12 membros era desconhecida. Os pacientes apresentaram de 0 a 3 morbidades por membro.

Tabela 3 – Lesões por Amputação em Pacientes com Uso de Torniquete >2 h

Idade (anos)	Lesão	Membro AIS	Cirurgia	Tempo (h)	Intervenção Salvadora	Sobreviveu?	Seguimento (dias)	Uso*
18	BEA	3	BEA	4.7	Yes	Yes	6	PH + H
20	BKA	3	BKA	3.0	Yes	Yes	51	PH
19	AKA	4	AKA	2.3	Yes	Yes	1	PH
19	BKA	3	AKA	14.0	Yes	Yes	42	PH + H
35	R AKA	4	AKA	8.0	Yes	Yes	9	PH
	L AKA	4	AKA	8.0	Yes			PH
21	R AKA	4	AKA	2.1	Yes	Yes	1	PH
	L AKA	4	AKA	2.3	Yes			PH

Havia 6 pacientes (8 amputações traumáticas) com uso de torniquete ≥ 2 h.

BEA indica amputação abaixo do cotovelo; BKA, amputação abaixo do joelho; AKA, amputação acima do joelho; R, direito; L, esquerdo; AIS, Escala de Lesão Abreviada; PH, uso de torniquete pré-hospitalar; H, uso de torniquete no hospital

Tabela 4 – Paralisias Transitórias em Pacientes com Uso de Torniquete

Idade (anos)	Nervo	Lesão	Membro AIS	Tempo (h)	Intervenção Salvadora	Sobreviveu?	Seguimento (dias)	Transitória?	Nível	Uso*
34	Ulnar	Brach. a.	3	1.95	Yes	Yes	3	Yes	W	H
22	Median	Brach. a.	3	1.30	Yes	Yes	54	Yes	W	PH
34	Ulnar	Brach. a.	3	1.01	Yes	Yes	10	Yes	W	PH
37	AIN	Radius	3	Unk	Yes	Yes	2	Yes	W	PH
Unk	Ulnar	Ulna	3	Unk	Yes	Yes	3	No	W	PH
25	Median	Elbow	2	0.39	Yes	Yes	30	Yes	W	PH
35	All	Ulna	3	Unk	Yes	Yes	7	Yes	TK	PH
24	CPN	Femur	3	0.60	Yes	Yes	5	Yes	TK	PH
31	Femoral	Femoral a. + v.	4	1.95	Yes	Yes	10	Yes	TK	PH + H
37	All	Humerus	3	0.88	Yes	Yes	6	Yes	TK	PH

Havia 10 pacientes (10 membros com paralisias) com uso de torniquete, sendo 6 ao nível da ferida (W) e 4 ao nível do torniquete (TK).

Unk indica desconhecido; all, todos os principais nervos periféricos no nível; AIN, nervo interósseo anterior; CPN, nervo fibular comum; brach., artéria braquial; v., veia; bones and elbow, fraturas; AIS, Escala de Lesão Abreviada; PH, uso de torniquete pré-hospitalar; H, uso de torniquete no hospital.

Tabela 5 – Contagem de Dispositivos de Torniquete, Eficácia e Morbidade

Nome do Torniquete	Pacientes; N	Dispositivos; N	Membros; N*	Eficaz; N (%)	Ineficaz (%)	Morbidade; N* (%)	Suporte Adicional (%)
CAT	156	210	202	166 (79)	44 (21)	43 (21)	5
EMT	91	115	115	106 (92)	9 (8)	9 (8)	0
SOFT	50	62	61	41 (66)	21 (34)	20 (33)	2
SATS	2	2	2	0 (0)	2 (100)	2 (100)	0
RMT	2	2	2	0 (0)	2 (100)	2 (100)	0
London Bridge	1	1	1	1 (100)	0 (0)	1 (100)	0
Improvizado	15	16	15	4 (25)	12 (75)	12 (80)	17
Desconhecido	14	19	17	14 (74)	5 (26)	3 (18)	0

16 torniquetes foram improvisados a partir de gravatas, curativos, cordões, cintos, cordas, faixas e tubos intravenosos; 14 tipos de torniquete eram desconhecidos.

Os pacientes tinham de 1 a 4 dispositivos de 1 a 4 tipos em 1 a 4 membros, com 0 a 3 morbidades. Um torniquete que exigia outro(s) torniquete(s) no mesmo membro era considerado como necessitando de suporte adicional. Houve 35 membros em que a eficácia era desconhecida.

CAT indica Combat Application Tourniquet; EMT, Emergency Military Tourniquet; SOFT, Special Operations Forces Tactical Tourniquet; SATS, Self-Applied Tourniquet System; RMT, Ratcheting Medical Tourniquet.

Tabela 6 Efetividade dos Torniquetes por Região do Membro

Região do Corpo	Pacientes; N	Regiões dos Membros; N	Torniquetes; N	Eficazes; N (%)	Ineficazes; N (%)
Antebraço	9	9	13	12 (92)	1 (8)
Braço	62	71	97	79 (81)	18 (19)
Perna	22	27	32	32 (100)	0 (0)
Coxa	162	205	285	209 (73)	76 (27)

Os pacientes apresentaram de 1 a 4 membros lesionados, com 1 a 4 torniquetes utilizados por membro; 3 pacientes tiveram torniquetes aplicados na coxa e na perna ipsilaterais. Houve 8 membros com eficácia do torniquete desconhecida.

A proporção de membros com tempo de torniquete ≥ 3 horas que apresentaram amputação encurtada cirurgicamente foi de 62% (5 de 8), o que representa uma proporção menor e cirurgia menos extensa do que a taxa de amputação de "cerca de 80%" citada por Chisholm na Guerra Civil, o único conjunto de dados comparável.²⁴ A taxa de encurtamento dos membros com duração do torniquete de 2 horas foi de 87% (67 de 77 membros; 14 membros não foram encurtados porque o paciente morreu antes que a cirurgia fosse possível), e, destes, 58 membros foram encurtados devido à lesão, seis por falha na preservação vascular e três para melhor adaptação protética. A taxa de encurtamento significativo (incluindo articulação do quadril, joelho, tornozelo ou cotovelo) foi de 19% (15 de 77 membros) por razões não relacionadas ao torniquete.

A taxa de membros submetidos a fasciotomias com tempo de torniquete de 2 horas foi de 28% (75 de 272) e ≥ 2 horas foi de 36% (9 de 25). Todas as nove fasciotomias após 2 horas de duração do torniquete foram realizadas profilaticamente, sem evidência de síndrome compartimental. Um membro após 2 horas de uso do torniquete não foi submetido à fasciotomia, mas não desenvolveu síndrome compartimental. Dor significativa foi observada em apenas um dos 232 pacientes, e esse paciente apresentava amputação traumática acima do cotovelo e uso de torniquete por 1,35 horas com dispositivo de catraca, necessitando bloqueio regional urgente.

A mortalidade não esteve associada à duração do torniquete; todas as 31 mortes ocorreram em até 4 horas ou menos de uso do torniquete (54 horas de tempo total de torniquete para 31 pacientes e 47 membros). Houve 12 membros (10 pacientes) com tempos de torniquete desconhecidos, sem diferença nos desfechos nesses 10 pacientes (8 de 10 pacientes sobreviveram, e 5 de 12 membros foram amputados). Dos 97 feridos com amputações, seis tiveram torniquetes por ≥ 2 horas em oito membros, sendo salvadores de vida em todos os seis pacientes. Apenas um membro foi encurtado incluindo uma articulação, de amputação abaixo do joelho para amputação acima do joelho (Tabela 3, Fig. 2).

Posicionamento Incorreto do Torniquete em Membros Foi Associado à Morbidade e Mortalidade

Analizamos o posicionamento dos torniquetes de quatro maneiras: quando o torniquete foi colocado adequadamente proximal à ferida; quando foi colocado distal à ferida mais proximal que não foi visualizada por quem o aplicou; quando foi colocado sobre a ferida, embora houvesse espaço proximal suficiente para sua colocação; e quando a ferida era proximal demais para o posicionamento normal do torniquete acima da lesão.

Torniquetes posicionados adequadamente, proximalmente às feridas dos membros, foram observados em 417 de 428 usos (97%). Torniquetes colocados distalmente à ferida mais proximal do membro totalizaram cinco, em quatro membros de quatro pacientes; dois desses quatro pacientes morreram. Um torniquete foi colocado sobre a ferida em outro paciente;



Fig. 2. Fotografia de paciente com múltiplas lesões e uso de torniquete na coxa. O paciente apresentava fratura proximal do fêmur com secção da artéria e veia femorais e uma amputação quase completa abaixo do joelho. As únicas estruturas parcialmente íntegras da perna esquerda estavam no compartimento posterior profundo. Outras lesões potencialmente letais exigiram transfusão maciça, toracotomia no departamento de emergência com clameamento da aorta, massagem cardíaca manual aberta, três cardioversões elétricas, laparotomia de emergência e ligadura das artérias e veias ilíaca comum e femorais como medidas de controle de hemorragia, além de permanência em unidade de terapia intensiva para correção da coagulopatia antes que o torniquete pudesse ser abordado e a amputação realizada devido às sequelas isquêmicas do membro. Este paciente foi submetido a amputação transfemoral após 14 horas de aplicação do torniquete. O paciente sobreviveu.

Este paciente manteve o pulso e, posteriormente, foi submetido a uma fasciotomia, sobrevivendo. A ferida era proximal demais para que os torniquetes se ajustassem adequadamente em quatro pacientes (quatro membros, cinco torniquetes), e os torniquetes reduziram, mas não interromperam o sangramento; um paciente morreu, dois foram submetidos a fasciotomias e um apresentou paralisia nervosa. Apesar de os torniquetes terem sido usados para lesões para as quais não foram projetados, a sobrevivência de 75% dos pacientes com feridas muito proximais para o uso normal de torniquetes mostra que eles foram úteis quando não havia alternativa melhor, pois as lesões vasculares mais proximais são as mais letais entre as lesões de membros. Essas quatro feridas proximais estavam na zona de transição entre lesões compressíveis e incompressíveis. Além disso, o tipo de torniquete não esteve associado à aplicação inadequada. No geral, entre os feridos com uso incorreto, a mortalidade foi de 4 em 9, ou 44%.

A Associação entre Ineficácia do Torniquete e Morbidade e Mortalidade Não Foi Clara

Considerando a eficácia na interrupção do sangramento ou do pulso distal, a morbi-mortalidade apresentou um padrão. Os 44 pacientes com sangramento contínuo tiveram morbidade ou mortalidade em 61% (27 de 44) dos casos (21 fasciotomias, 15 amputações, 4 mortes), quatro paralisias, duas mionecroses, um trombo; e os 43 pacientes com pulsos persistentes tiveram morbidade em 51% (22 de 43) dos casos (19 fasciotomias, 3 amputações, 1 morte, 1 trombo, 1 paralisia). A ineficácia total (sangramento contínuo) foi pior do que a ineficácia parcial (pulso distal persistente), com taxas de morbidade de 61% e 51%, e mortalidade de 9% e 2%, respectivamente.

Torniquetes ineficazes estiveram associados à seguinte progressão clínica: pulso persistente, congestão venosa, distensão venosa, novo sangramento após período de controle da hemorragia, hematomas em expansão, síndrome compartimental, fasciotomia e morte, mas essa progressão levou a apenas 4 óbitos. O pulso distal persistente apresentou alto risco de morbidade e baixo risco de mortalidade, enquanto o sangramento contínuo apresentou alto risco de morbidade e mortalidade.

Todos os sete hematomas em expansão ocorreram quando o pulso persistia, mas nenhum hematoma em expansão foi observado quando o torniquete interrompeu efetivamente o pulso distal. Hematomas em expansão são importantes porque estão associados a perda sanguínea contínua, síndrome compartimental, infecções e cirurgias adicionais, como fasciotomia e desbridamento. Não foram observados casos de gangrena gasosa ou seca. Não houve necrose ou abscessos causados pelo torniquete. Um membro com amputação traumática sofreu lesão de esmagamento sob o torniquete causada pelo cisalhamento de um torniquete improvisado com corda elástica (bungee), mas essa lesão cutânea estava na zona de lesão e foi amputada junto com o membro em uma equipe cirúrgica avançada.

Eficácia: O Torniquete de Aplicação em Combate Foi o Melhor Torniquete Pré-Hospitalar e o EMT Foi o Melhor Torniquete em Emergência

De modo geral, as razões pelas quais os torniquetes foram ineficazes (sangramento contínuo da ferida ou pulso distal persistente) incluíram largura do dispositivo inadequada em relação à circunferência do membro, uso incorreto e quebra do dispositivo.

O torniquete mais utilizado foi o Torniquete de Aplicação em Combate (CAT), representando 49% dos 428 usos (Tabela 5). Entre os torniquetes usados em mais de um paciente, o CAT foi o segundo mais eficaz, com 79% de eficácia. O mais eficaz foi o Torniquete Médico de Emergência (EMT), com 92%. As taxas de eficácia decrescentes correspondiam à largura do torniquete: o EMT é o mais largo, o CAT é o segundo mais largo, o Torniquete Tático das Forças de Operações Especiais (SOFTT) ocupa a terceira posição, e os demais, em conjunto, são os mais estreitos.

Embora o torniquete EMT tenha sido o mais eficaz, ele não é projetado para uso pré-hospitalar e está disponível apenas em níveis de cuidado mais avançados. Torniquetes improvisados foram ineficazes em 67% dos casos (10 de 15 membros, 15 pacientes, 16 torniquetes), resultando em 10 morbidades (6 amputações traumáticas, 3 fasciotomias, 1 paralisia), e sete membros continuaram a sangrar. Torniquetes improvisados mais largos (gravatas e tipo manivela, especialmente quando dois eram usados lado a lado) foram eficazes em 42% (3 de 7) dos membros, enquanto os mais estreitos (cordas, tubos de IV) foram eficazes em 25% (2 de 8) dos membros. A taxa de mortalidade entre pacientes com torniquetes improvisados foi 0% (0 de 15), e a taxa de amputação foi de 40% (6 de 15, todas traumáticas). A ineficácia do torniquete (sangramento visível ou pulso distal persistente) correspondeu às morbidades observadas.

Entre 309 membros, 83 (29%) ainda apresentavam sangramento ou pulso distal persistente na chegada, e 10 pacientes chegaram sem pulso, recebendo compressões torácicas, mas o sangramento havia sido controlado pré-hospitalarmente após exsanguinação.

Questões Práticas Relacionadas à Eficácia e Ineficácia dos Torniquetes

Dos 309 membros com torniquetes, 82% (167 de 203) com apenas um torniquete foram completamente eficazes, e 92% (97 de 106) dos membros com dois ou mais torniquetes lado a lado foram completamente eficazes. Torniquetes eram usados lado a lado apenas quando um único não conseguia interromper o sangramento.

Entre os 83 membros ainda sangrando na chegada ao pronto-socorro, 43 membros tinham um torniquete ineficaz (sangramento ou pulso persistente) não corrigido antes da chegada, mas na maioria desses casos o torniquete havia parado o sangramento, permanecendo apenas o pulso distal. Muitos casos apresentaram pequenas quantidades de sangue escuro saindo brevemente dos membros residuais distais após torniquetes eficazes, o que indicava simples drenagem do sangue pelo efeito da gravidade. Esses achados foram avaliados por clínicos seniores como não sendo recidiva de sangramento nem falha do torniquete, embora tenham causado preocupação entre outros profissionais.

As taxas de eficácia variaram conforme o local de uso: pré-hospitalar, pronto-socorro (ED) ou ambos. A taxa de eficácia pré-hospitalar foi de 76% (152 de 199 torniquetes para 51 membros). No pronto-socorro, a eficácia foi de 86% (54 de 63 torniquetes para 171 membros). Para torniquetes usados tanto pré-hospitalarmente quanto no ED, a eficácia foi de 76% (126 de 165 torniquetes para 79 membros); oito membros tiveram eficácia desconhecida dos torniquetes.

A eficácia do torniquete variou conforme a região do membro em que foi aplicado, sendo menor na coxa e maior na perna (Tabela 6). Quatro pacientes apresentaram lesões na coxa e no braço (4 membros com 5 torniquetes) em que a ferida era proximal demais para o uso normal do torniquete, mas quatro desses torniquetes conseguiram interromper o sangramento, embora o pulso distal tenha persistido. Sete pacientes (9 membros, 15 torniquetes) tiveram os torniquetes posicionados sobre o canal de Hunter na coxa distal, e a eficácia desses torniquetes foi de 67% (10 de 15). O canal distal de Hunter está localizado profundamente aos tendões adutores da coxa e protegido da compressão pelo côndilo medial do fêmur, tornando a artéria femoral superficial difícil de comprimir nesse ponto. Três membros (3 pacientes) tiveram torniquetes na perna e na coxa. As taxas de eficácia foram consistentes com nossos testes laboratoriais, que mostraram que a largura do dispositivo (em relação à circunferência do membro) é importante, sem resultados inesperados de eficácia.

Entre os 309 membros, o primeiro torniquete foi eficaz (parcial ou totalmente) em 53% das vezes (164 de 309), enquanto o uso lado a lado de um segundo ou mais torniquetes ao lado do primeiro foi eficaz em mais 34% (106 de 309), resultando em uma taxa de eficácia geral de 87% (270 de 309).

A ineficácia foi causada por diferentes fatores: projeto inadequado do torniquete (muito estreito), uso incorreto (invertido), posicionamento inadequado (muito distal à ferida ou ferida muito proximal para uso do torniquete) ou dispositivo quebrado. A largura do dispositivo (em relação à circunferência do membro) foi a causa mais comum de ineficácia. Houve um torniquete colocado incorretamente (um EMT invertido, fazendo o extremo solto inflar em vez da braçadeira). Um paciente (um membro) teve um profissional que deliberadamente usou um torniquete venoso para tentar reduzir o risco de paralisia (o torniquete EMT foi posteriormente inflado mais para eliminar o pulso distal). Seis torniquetes se quebraram (três EMTs vazaram, duas tampas torcidas de EMT caíram, uma barra do CAT quebrou). Além disso, dois EMTs pneumáticos exigiram rotação da braçadeira para se tornarem perpendiculares à bexiga para abrir, mas esses eventos não resultaram em uso ineficaz, apenas em dificuldade para remover o torniquete. Uma barra do CAT estava escorregadia quando coberta de sangue; o dispositivo foi ineficaz, precisou de reforço e o paciente morreu pré-hospitalmente. A autoaplicação levou à ineficácia em uma de três tentativas, com dificuldade em puxar forte o suficiente para apertar corretamente o torniquete relatada pelo paciente; ele não conseguiu apertar um CAT na coxa, mas seu socorrista colocou um CAT na perna efetivamente e depois removeu o CAT da coxa. As duas autoaplicações eficazes foram em uma perna e em um antebraço de dois pacientes distintos.

O acolchoamento sob o torniquete e o transporte estiveram associados à frouxidão e recidiva de sangramento

O acolchoamento (como roupas do paciente) sob o torniquete esteve associado à frouxidão do torniquete, mas também reduziu o risco de bolhas e beliscões. Os torniquetes se tornavam mais frouxos com a manipulação do membro ou do paciente, como remoção de roupas; elevação do membro, por flexão do quadril (deslocamento dos quadríceps e isquiotibiais em direções opostas com cisalhamento da pele sob o torniquete);

A diminuição da circunferência do membro causada pela exsanguinação incremental e as transferências de pacientes para e de macas e veículos também contribuíram para a frouxidão do torniquete. Reapertos pelos profissionais foram frequentes após reavaliações do paciente e do torniquete. Doze dos 13 torniquetes frouxos foram pré-hospitalares. Dois dos 13 pacientes com torniquetes frouxos morreram. O único torniquete hospitalar que ficou frouxo tornou-se assim durante a transferência do paciente de uma maca e foi reapertado imediatamente.

Um paciente teve um torniquete pré-hospitalar removido, que, em retrospectiva, foi prematuro. Esse paciente apresentava uma lesão isolada no pé, com dedos parcialmente amputados e lesões cortantes em quatro artérias digitais. O torniquete havia sido aplicado no campo devido ao sangramento difícil de controlar, mas foi removido em um posto de socorro pré-hospitalar por um oficial médico. O paciente relatou sangramento contínuo durante toda a evacuação para o hospital, com poças de sangue no campo, no posto de socorro, no veículo de transporte e no chão do pronto-socorro, à medida que progredia na hemorragia. Ao chegar no pronto-socorro, estava em choque (PA 100/60 mmHg, pulso 143) e necessitou de ressuscitação significativa (6 unidades de hemocomponentes transfundidas). Elevação do membro e curativo compressivo ajudaram a retardar, mas não interromper, o sangramento. Em cirurgia, a hemostasia eficaz exigiu ligadura individual das artérias digitais. Este caso é semelhante a vários casos do estudo sobre hemorragias em extremidades civis conduzido por Dorlac et al.²⁵ A descontinuação de um torniquete aplicado pré-hospitalar ocorreu apenas uma vez em 282 usos pré-hospitalares (257 membros, 194 pacientes).

Registro dos Tempos de Aplicação e Remoção de Torniquetes Precisa Ser Melhorado Conforme a Doutrina

O registro dos tempos de aplicação dos torniquetes foi insatisfatório, tanto para o momento de colocação quanto para o de remoção. Dos 309 membros, 14% (43 membros) tiveram o tempo de aplicação registrado de acordo com o treinamento padrão do Exército ou no cartão médico de campo. Com base em dados operacionais de cada incidente e informações dos socorristas que transportaram o paciente, estimou-se o tempo de aplicação quando os dados estavam disponíveis. O tempo de remoção do torniquete foi registrado diretamente pelos autores ou obtido por entrevistas com outros profissionais. Nenhum registro anestésico continha o tempo de remoção do torniquete, apesar de ser prática rotineira em operações eletivas em tempos de paz.

DISCUSSÃO

O Uso de Torniquetes de Emergência em Campo de Batalha Apresenta Baixo Risco de Morbidade em Nossa Experiência

Os principais achados do presente estudo indicam baixo risco de morbidade e, dada a comprovada capacidade de salvar vidas, existe uma relação risco-benefício positiva para o uso de torniquetes em nosso contexto de combate. Historicamente, existem muitas anedotas de complicações devastadoras associadas ao uso de torniquetes de emergência, como trombos, paralisias e bolhas.^{4,10,13,26,27} Complicações relacionadas a torniquetes estão bem documentadas em estudos com animais.

No entanto, existem apenas dois estudos retrospectivos sobre o uso de torniquetes de emergência.^{7,29} As lesões em que os torniquetes de emergência são usados tornam difícil diferenciar entre lesão muscular direta e aquelas diretamente relacionadas ao uso do torniquete. Os cirurgiões que cuidaram dos pacientes deste estudo tiveram um limiar adequadamente baixo para realizar fasciotomias profiláticas devido à preocupação com o inchaço do membro associado ao torniquete¹⁹ durante os longos voos de evacuação aérea de pacientes dos EUA para a Alemanha. Seis pacientes com oito amputações completas tiveram ≥ 2 horas de uso de torniquete. No entanto, nesses casos, outros fatores predominantes estavam evidentes. Em algumas situações, a decisão de prolongar o uso do torniquete foi necessária para que outras lesões potencialmente letais pudessem ser tratadas.

Dos 97 feridos com amputações, seis tiveram torniquetes por ≥ 2 horas em oito membros, salvando a vida de todos os seis pacientes. Apenas um membro foi encurtado para incluir uma articulação, de amputação abaixo do joelho para amputação acima do joelho. A razão para o encurtamento foi complexa e incluiu 14 horas de torniquete, mas também ocorreu no nível de uma secção da artéria femoral superficial e fratura aberta de fêmur; a laparotomia envolveu ligadura da artéria e veia femoral comum, esplenectomia, reparo do diafragma e tamponamento peritoneal para hemorragia coagulopática difusa. Fatores adicionais que contribuíram para isquemia e reperfusão do membro incluíram choque hemorrágico profundo (déficit base de 19 na apresentação ao pronto-socorro), toracotomia no ED e clameamento da aorta, duas sessões de massagem cardíaca aberta, ressuscitação e transfusão maciça, coagulopatia e operações de controle de danos em etapas. As 14 horas de cuidados intensivos entre as cirurgias ajudaram a completar a ressuscitação e normalizar a coagulopatia do paciente. O paciente sobreviveu. Acreditamos que o torniquete neste caso foi salvador de vida (Tabela 3, Fig. 2).

Não podemos relacionar causa (amputação traumática, ligadura de vasos, uso de torniquete, choque, coagulopatia) e efeito da amputação cirúrgica neste caso, mas o encurtamento do membro residual de uma amputação abaixo do joelho para acima do joelho esteve relacionado ao uso do torniquete, ligadura de vasos e ressuscitação e cirurgia prolongadas de controle de danos. Em outros casos, transporte ou transferência atrasados foram causa de tempo prolongado de torniquete (Tabela 3).

Em um artigo clássico sobre lesões vasculares em membros feridos em guerra, DeBakey e Simeone tiveram um número de casos mais de uma ordem de magnitude maior que o do presente estudo, e ainda assim não puderam usar a amputação como desfecho claro devido a problemas com registros e dificuldade em diferenciar amputação como lesão, desbridamento, cirurgia reconstrutiva para adaptação protética ou falha na preservação do membro por razões vasculares, musculoesqueléticas ou infecciosas. "A sobrevivência ou morte do membro, que à primeira vista poderia parecer um teste objetivamente crítico, na realidade não é: não permite uma decisão clara sobre se as medidas terapêuticas empregadas em um caso influenciaram os resultados, e só pode servir como critério quando houver número suficientemente grande de casos para avaliação estatística".¹²

Relatamos anteriormente um caso do Afeganistão em que o paciente teve mais de 16 horas de uso de torniquete, manteve o membro superior e retornou a pilotar helicópteros.

Torniquetes excessivamente apertados têm sido associados a paralisias, danificando os nervos periféricos por compressão, e todos esses casos ocorreram com uso pré-hospitalar. Os torniquetes frouxos ocorreram predominantemente no grupo pré-hospitalar. Além dos torniquetes muito apertados ou frouxos, o uso inadequado (incluindo usos medicamente ou taticamente desnecessários) também ocorreu majoritariamente no grupo pré-hospitalar, sugerindo a dificuldade de praticar medicina nesse ambiente e a necessidade contínua de educação e aprimoramento do treinamento em torniquetes. No entanto, as taxas de complicações foram semelhantes entre o uso pré-hospitalar e hospitalar, indicando uma relação risco-benefício positiva. Melhorar a conformidade com a doutrina atual de registro dos tempos de torniquete no paciente ou nos registros acompanhantes ajudaria os cirurgiões no manejo dos pacientes.

O Estudo Atual se Compara Favoravelmente com Outros Estudos de Torniquetes

O estudo atual é o maior até hoje em termos de número de pacientes e torniquetes utilizados, e nossos dados estão em concordância com experiências anteriores.^{7,29} Contudo, este estudo avança o conhecimento ao medir benefícios substanciais de sobrevivência e riscos limitados de morbidade. Wolf e Adkins, em 1945, relataram três estudos de caso e lições aprendidas de 200 casos no teatro do Mediterrâneo em um hospital militar dos EUA durante a Segunda Guerra Mundial, mas, além dos casos, os dados dos 200 pacientes foram resumidos em uma única frase: "A experiência de nosso grupo indica que essas complicações [paralisias nervosas e trombozes vasculares] são muito raras; de fato, uma análise de 200 casos aleatórios em que torniquetes foram aplicados mostra que essas complicações não ocorreram em nenhum caso, a menos que surgissem depois que os pacientes deixassem nossos cuidados, geralmente cinco a dez dias após a cirurgia".²⁹

Lakstein et al., em 2003, relataram um estudo retrospectivo em Israel com 91 pacientes (110 membros, 110 torniquetes, 3 modelos de torniquetes), sem mortes e com poucas comparações de dados.⁷ Nosso estudo teve taxas de uso de torniquete 29 vezes maiores que as de Lakstein et al. (428 torniquetes/199 dias versus 110 torniquetes/1461 dias); a média do Abbreviated Injury Score (AIS) dos membros no presente estudo (2,9) foi maior que a de Lakstein et al. (2,6). Lakstein et al. foram criticados por Husum et al. por não conseguirem demonstrar que torniquetes eram úteis, salvavam vidas ou valiam o risco.¹¹

Além disso, nosso estudo foi maior e com pacientes mais diversificados, enquanto Lakstein et al. incluíram apenas uma nacionalidade, todos homens, sem crianças, idosos ou civis, e usaram apenas torniquetes pré-hospitalares de poucos modelos. Beekley relatou uma revisão retrospectiva do mesmo hospital do estudo atual, com 67 pacientes, e constatou que quatro dos sete pacientes que morreram sem torniquetes eram potencialmente salváveis (ver Beekley neste suplemento do Journal of Trauma).³⁰

O fator mais importante para melhorar a sobrevivência de nossos pacientes foi alcançar controle rápido da hemorragia com um torniquete colocado adequadamente.

limitando assim o risco dos efeitos negativos do choque. Mabry et al., em 2000, defenderam o uso mais amplo de torniquetes pré-hospitalares com base na experiência de 1993 na Somália.³¹

Se um Torniquete for Ineficaz, Torniquetes Adicionais Lado a Lado Podem Melhorar a Eficácia

Outros achados deste estudo indicam que torniquetes podem ser usados lado a lado se um torniquete for ineficaz, e que o uso lado a lado aumenta efetivamente a área de compressão e interrompe o pulso distal, estando associado a menos complicações do que o uso único com pulso persistente. O uso lado a lado pode melhorar a eficácia quando um torniquete largo único não está disponível. Torniquetes improvisados, em geral, foram eficazes apenas 25% das vezes e foram menos eficazes que torniquetes comerciais largos, mas, no presente estudo, os torniquetes improvisados foram mais eficazes que os dois torniquetes comerciais mais estreitos (SATS, M2).

Nossos resultados reforçam a importância de vigilância ao reavaliar o paciente e o torniquete, pois eles podem afrouxar durante o transporte, levando a sangramentos incrementais, choque e morte. A frouxidão aumentou quando se mantiveram roupas sob os torniquetes e durante o transporte. O objetivo do uso do torniquete é salvar vidas, mas o objetivo mecânico é não apenas interromper o sangramento, mas eliminar o pulso distal quando presente. Ao medir como os torniquetes funcionam e não funcionam, nossos resultados proporcionam uma compreensão mais clara de como usá-los melhor.

O CAT Foi o Melhor Torniquete Pré-Hospitalar e o EMT Foi o Melhor Torniquete no Pronto-Socorro

O CAT foi selecionado para distribuição a todos os combatentes dos EUA após estudos realizados no US Army Institute of Surgical Research.^{4,5} No presente relatório, a eficácia geral do CAT, EMT e SOFTT foi de 79%, 92% e 66%, respectivamente. Em nosso relatório original, o EMT foi recomendado para uso em veículos de evacuação médica, equipes cirúrgicas avançadas e hospitais de apoio ao combate. Embora o EMT tenha apresentado a maior eficácia de todos os dispositivos (92%), ele era o mais caro, mais frágil e exigia mais treinamento para uso; por essas razões, não é o melhor dispositivo para ser fornecido a todos os soldados ou socorristas. O SOFTT foi escolhido como substituto caso o CAT não estivesse disponível.

O estudo atual valida essas escolhas com dados clínicos. Em testes laboratoriais com voluntários humanos, a eficácia do CAT, EMT e SOFTT foi de 100% para cada um.⁵ Como esperado, os resultados laboratoriais foram ligeiramente superiores aos resultados no mundo real. Os valores mais baixos em situações de guerra são provavelmente atribuíveis às complexidades das condições reais e à falta de experiência na aplicação do torniquete, em comparação com as condições ideais do laboratório usando voluntários bem instruídos. Nos testes laboratoriais, a eficácia do SATS foi de 44%, enquanto em campo foi 0%. Juntos, esses fatos reforçam a afirmação de que qualquer torniquete a ser usado em campo de batalha deve primeiro ser comprovadamente 100% eficaz em laboratório.

A eficácia é uma função do dispositivo (sua disponibilidade, familiaridade do usuário e largura do dispositivo) e das circunstâncias individuais (circunferência do membro e pressão arterial sistólica).^{5,32,33}

O sucesso no uso de torniquetes depende dos dispositivos utilizados, treinamento, doutrina e velocidade de transporte

O sucesso geral do uso de torniquetes dentro de um sistema de trauma dependerá dos dispositivos utilizados, do treinamento no uso de torniquetes, da doutrina baseada em evidências e da evacuação rápida para hospitais cirúrgicos. Essas condições estavam presentes em nosso estudo, mas torniquetes podem não ser recomendáveis e podem colocar membros em risco em ambientes com dispositivos inadequados, pouco treinamento, ausência de doutrina e evacuação lenta.

A mudança na doutrina de treinamento militar contida no Curso de Atendimento Tático de Feridos em Combate (Tactical Combat Casualty Care Course) promoveu o uso mais liberal de torniquetes.¹⁵ Em situações de fogo inimigo, escuridão, múltiplas vítimas ou exsanguinação de múltiplos membros, o uso mais liberal de torniquetes foi doutrinariamente recomendado para prevenir mortes por exsanguinação de membros. Como ensinamentos anteriores classificavam os torniquetes como método de "último recurso",³⁴ havia experiência limitada para entender quando ou se os torniquetes deveriam ser usados.

Estudos sobre o uso de torniquetes de emergência anteriormente vieram de zonas de guerra, como as guerras dos EUA (Segunda Guerra Mundial, Coreia, Vietnã e Somália) ou da experiência das forças israelenses, e tinham documentação limitada. Torniquetes também podem ser considerados para prática paramilitar ou civil, embora a hemorragia isolada de membros tenha baixa mortalidade em pacientes civis.^{25,35,36} Atualmente, torniquetes estão amplamente disponíveis no campo de batalha; segundo o fabricante, 1,5 milhão de CATs foram vendidos a todos os clientes, civis e militares.

A maior taxa de múltiplas vítimas durante o período do estudo foi de 28 pacientes chegando ao pronto-socorro em 25 minutos; três desses 28 pacientes tiveram torniquetes utilizados e todos os 28 apresentavam lesões em membros. Civis provavelmente enfrentarão situações de múltiplas vítimas nas quais torniquetes podem ser úteis. O estudo atual quantifica os benefícios e riscos associados ao uso de torniquetes, permitindo que profissionais e líderes de sistemas de trauma decidam quando ou se devem utilizar torniquetes em apoio aos pacientes.

Controvérsia: Risco de Exsanguinação, Ciência de Torniquetes, Treinamento e Experiência Clínica

Permanece na literatura a controvérsia sobre se torniquetes de emergência devem ser proibidos ou amplamente utilizados. Historicamente, na Guerra Civil dos EUA, Guerra Civil Espanhola e Primeira Guerra Mundial, os torniquetes foram frequentemente testados e depois perderam popularidade por ineficácia. No entanto, na Segunda Guerra Mundial, Vietnã, Somália e Israel, o uso de torniquetes continuou.^{7,23,27,29,31}

O torniquete de correia e fivela ineficaz, que foi fornecido como padrão no Exército dos EUA por cinco décadas, pode ter contribuído para essa resposta clínica. Com o aprimoramento do conhecimento sobre torniquetes ao longo das décadas, ocorreu uma transição coerente para torniquetes melhor projetados no campo de batalha. As questões pertinentes incluem o uso em pacientes com risco de exsanguinação letal, aprimoramento da ciência de torniquetes, treinamento e doutrina, e pesquisa e experiência clínica. Se uma população de pacientes não estiver em risco de exsanguinação letal de membros, então os torniquetes não podem salvar

vidas, como sugerido no estudo de Lakstein et al., mas nossos pacientes estavam em alto risco e a sobrevivência foi melhorada. A ciência dos torniquetes, muito dela publicada recentemente sobre uso ortopédico eletivo, era limitada nas guerras anteriores, e portanto como os torniquetes funcionam de forma ideal é melhor compreendido agora. Particularmente, a inter-relação entre a largura do torniquete, a circunferência do membro e a oclusão arterial está agora bem estudada, embora a conscientização clínica ainda seja limitada mesmo entre cirurgiões ortopédicos.³⁷ Com a ciência do torniquete aprimorada, torniquetes mais numerosos e melhor projetados estão disponíveis hoje do que antes. Por mais de uma década, os militares refinaram o treinamento e a doutrina com base em testes laboratoriais, projetos de pesquisa e experiência clínica, como na Somália.^{4,30,31,38} Em contraste com a situação militar atual, pacientes de guerras passadas, com tempos de evacuação mais longos, tratados por profissionais sem conhecimento científico sobre torniquetes, usando torniquetes inadequados e sem treinamento ou doutrina, podem ter se saído pior do que os pacientes atuais. Isso explica por que problemas com torniquetes foram relatados por cirurgiões experientes na Guerra Civil dos EUA, na Primeira Guerra Mundial, na Guerra Civil Espanhola e no início da Segunda Guerra Mundial.^{21–24} Artigos e livros escritos por consultores seniores ao final de padrões de referência terciária são comuns, influentes e muito citados,^{13,18,20,21} mas eles não têm a perspectiva de profissionais pré-hospitalares nem dados pré-hospitalares, como observado na literatura recente.^{7,30,31,39,40} Uma nova análise sobre torniquetes de emergência é apropriada para reavaliar os riscos e benefícios para pacientes e populações selecionadas.

As limitações do presente estudo incluem seu ambiente e população específicos, o que restringe a generalização. Embora o atendimento tenha sido realizado em um país do Oriente Médio devastado pela guerra, os pacientes entraram rapidamente em um sistema de saúde de qualidade. Longos atrasos na chegada a um hospital cirúrgico, como ocorre em hospitais de ajuda internacional apoiados pelo Comitê Internacional da Cruz Vermelha, provavelmente aumentariam o risco de amputações após o uso de torniquetes em vítimas de ferimentos isolados nos membros, em comparação com o que medimos. Devido à dificuldade de distinguir causa e efeito em um grupo heterogêneo de pacientes gravemente e múltiplos feridos, muitas vezes com lesões vasculares pré-existent e ferimentos graves nos membros, mortalidade e morbidade não foram associadas aos torniquetes, exceto por quatro paresias e um único caso de encurtamento significativo de amputação. Essa associação de todas as causas foi conservadora, pois apenas um abolicionista de torniquetes associaria amputações traumáticas de dedos dos pés ou mãos a um torniquete usado no braço ou coxa, ou associaria rigidez em um membro não ferido ao uso de torniquete.

Além disso, usamos uma definição mecânica conservadora de eficácia, em que um torniquete frouxo poderia ser totalmente eficaz após o paciente exsanguinar antes de nos ser apresentado, de forma que nenhum sangramento ou pulso persistisse distalmente. Adotamos uma abordagem conservadora para a pesquisa, dado o histórico de controvérsia. A redução pela metade da taxa de mortalidade com o uso pré-hospitalar foi associada a uma melhoria de 16% na taxa de sobrevivência em comparação com o uso no pronto-socorro. Essa melhoria resultou em uma estimativa de 31 vidas salvas.

Os torniquetes são ferramentas poderosas, tanto para o bem quanto para o mal. São benéficos porque salvam vidas quando usados no momento certo e da maneira correta, mas podem complicar o cuidado se aplicados no momento errado ou de forma inadequada. Usar torniquetes após a extração, transporte ou início de choque, ou distalmente à ferida, aumentou a mortalidade em nossos pacientes. Os benefícios superaram amplamente os riscos em nossa experiência, sem perda de membros apenas pelo uso de torniquete. Estimamos ter salvado 31 vidas ao custo de um joelho, usando torniquetes pré-hospitalares em comparação com restringir o uso ao pronto-socorro.

Os torniquetes são uma medida temporária que permite o controle eficaz de hemorragias e devem ser aplicados cedo, antes que o paciente entre em choque, para salvar vidas. Um torniquete não reverte o choque, mas pode atenuá-lo e dar tempo vital ao profissional para iniciar uma ressuscitação eficaz. Recomendamos continuar a política de incentivo ao uso emergencial de torniquetes quando o risco de lesão é alto, a probabilidade de hemorragia letal no membro é elevada e há treinamento sistemático de todo o pessoal em risco. Políticas de desencorajamento do uso podem ser adequadas em outros contextos, mas na guerra atual aumentariam a taxa de mortalidade. Líderes militares e civis podem usar a experiência relatada aqui para decidir como ou quando usar torniquetes, equilibrando os riscos e benefícios descritos.

Recomendações práticas baseadas nos achados do estudo:

Use torniquetes antes do início do choque, pois isso salva mais vidas do que depois do choque; aplique antes da extração ou transporte.

Use torniquetes cientificamente projetados, testados em laboratório e clinicamente validados.

Use torniquetes improvisados tipo windlass quando os torniquetes projetados cientificamente não estiverem disponíveis.

Dos torniquetes avaliados neste estudo, o CAT é o melhor para uso pré-hospitalar, e o EMT é o melhor para pronto-socorro.

Educação, treinamento e doutrina sobre torniquetes são vitais e devem ser refinados com base em evidências.

O objetivo do uso emergencial do torniquete é parar o sangramento e abolir o pulso distal.

Evite usar torniquetes sobre o canal de Hunter, próximo ao joelho, pois há risco de ineficácia.

O uso lado a lado de torniquetes é útil para eliminar pulsos distais e parar sangramentos quando um único torniquete é ineficaz.

Torniquetes funcionam bem proximais à ferida, mesmo no antebraço ou na perna, e não precisam estar apenas na coxa ou braço, como às vezes recomendado.

Roupas sobre o torniquete devem ser removidas assim que possível para detectar todas as feridas.

Materiais sob o torniquete devem ser retirados o quanto antes para evitar folgas.

As necessidades para pesquisas futuras incluem comparações de cortes pareadas para confirmar se os torniquetes realmente salvam vidas e para verificar se os achados se aplicam a outras populações. Mais pesquisas clínicas são necessárias sobre primeiros socorros em pacientes com lesões nos membros.

O único dispositivo de primeiros socorros que conhecemos que demonstrou melhora na sobrevivência após lesão de membros foi a tala de Thomas,^{41,42} mas agora sabemos que os torniquetes também podem aumentar a sobrevivência. Esses dados irão informar o melhor cuidado possível. Métodos aprimorados de controle precoce de hemorragias são necessários para aumentar a sobrevivência no campo de batalha, e atualmente os torniquetes são ferramentas de primeiros socorros que salvam vidas.

AGRADECIMENTOS

Agradecemos a Joanna G. Branstetter e Amy Newland pela ajuda na preparação do manuscrito, e a John Jones pelos testes de contingência.

REFERÊNCIAS

1. Bellamy RF. The causes of death in conventional land warfare: implications for combat casualty care research. *Mil Med.* 1984; 149:55–62.
2. Holcomb JB, McMullin NR, Pearse L, et al. Causes of death in U.S. Special Operations Forces in the global war on terrorism: 2001–2004. *Ann Surg.* 2007;245:986–991.
3. Kragh JF Jr, Baer DG, Walters TJ. Extended (16-hour) tourniquet application after combat wounds: a case report and review of the current literature. *J Orthop Trauma.* 2007;21:274–278.
4. Walters TJ, Mabry RL. Issues related to the use of tourniquets on the battlefield. *Mil Med.* 2005;170:770–775.
5. Walters TJ, Wenke JC, Kauvar DS, McManus JG, Holcomb JB, Baer DG. Effectiveness of self-applied tourniquets in human volunteers. *Prehosp Emerg Care.* 2005;9:416–422.
6. King RB, Filips D, Blitz S, Logsetty S. Evaluation of possible tourniquet systems for use in the Canadian Forces. *J Trauma.* 2006; 60:1061–1071.
7. Lakstein D, Blumenfeld A, Sokolov T, et al. Tourniquets for hemorrhage control on the battlefield: a 4-year accumulated experience. *J Trauma.* 2003;54(5 Suppl):S221–S225.
8. Navein J, Coupland R, Dunn R. The tourniquet controversy. *J Trauma.* 2003;54(5 Suppl):S219–S220.
9. Pillgram-Larsen J, Mellesmo S. [Not a tourniquet, but compressive dressing. Experience from 68 traumatic amputations after injuries from mines.] *Tidsskr Nor Lægeforen.* 1992;112:2188–2190.
10. Welling DR, Burris DG, Hutton JE, Minken SL, Rich NM. A balanced approach to tourniquet use: lessons learned and relearned. *J Am Coll Surg.* 2006;203:106–115.
11. Husum H, Gilbert M, Wisborg T, Pillgram-Larsen J. Prehospital tourniquets: there should be no controversy. *J Trauma.* 2004; 56:214–215.
12. DeBakey ME, Simeone FA. Battle injuries of the arteries in World War II: an analysis of 2,471 cases. *Ann Surg.* 1946;123:534–579.
13. Klenerman L. *The Tourniquet Manual.* London: Springer; 2003.
14. Coupland RM. *War Wounds of Limbs, Surgical Management.* Oxford: Butterworth-Heinemann; 1993:20–21.
15. National Association of Emergency Medical Technicians. *Prehospital Trauma Life Support: Military Version.* 6th ed. St Louis: Mosby; 2007.
16. Klenerman L. Tourniquet paralysis. *J Bone Joint Surg Br.* 1983; 65:374–375.
17. Middleton RW, Varian JP. Tourniquet paralysis. *Aust N Z J Surg.* 1974;44:124–128.
18. Watson-Jones R. *Fractures and Joint Injuries.* 4th ed. London: E. & S. Livingston; 1955:121–122.
19. Konrad G, Markmiller M, Lenich A, Mayr E, Ruter A. Tourniquets may increase postoperative swelling and pain after internal fixation of ankle fractures. *Clin Orthop Relat Res.* 2005;433:189–194.
20. Klenerman L. The tourniquet in surgery. *J Bone Joint Surg Br.* 1962;44:937–943.
21. Böhler L. *The Treatment of Fractures.* New York: Grune & Stratton; 1956:126–128.

22. Watson-Jones R. Traumatic uraemia. *J Bone Joint Surg Br.* 1948;30:233.
23. Jolly DW. *Field Surgery in Total War.* New York: Hoeber, 1941:24–25.
24. Chisholm JJ. *A Manual of Military Surgery.* Richmond, VA: West & Johnson; 1861:140–143.
25. Dorlac WC, DeBakey ME, Holcomb JB, et al. Mortality from isolated civilian penetrating extremity injury. *J Trauma.* 2005;59:217–222.
26. Bellamy RF. Why is Marine combat mortality less than that of the Army? *Mil Med.* 2000;165:362–367.
27. Mabry RL. Tourniquet use on the battlefield. *Mil Med.* 2006;171:352–356.
28. Pedowitz RA. Tourniquet-induced neuromuscular injury. A recent review of rabbit and clinical experiments. *Acta Orthop Scand Suppl.* 1991;245:1–33.
29. Wolff LH, Adkins TF. Tourniquet problems in war injuries. *Bulletin US Army Med Depart.* 1945;37:77–84.
30. Sebesta J. Special lessons learned from Iraq. *Surg Clin North Am.* 2006;86:711–726.
31. Mabry RL, Holcomb JB, Baker AM, et al. United States Army Rangers in Somalia: an analysis of combat casualties on an urban battlefield. *J Trauma.* 2000;49:515–528; discussion 528–519.
32. Crenshaw AG, Hargens AR, Gershuni DH, Rydevik B. Wide tourniquet cuffs more effective at lower inflation pressures. *Acta Orthop Scand.* 1988;59:447–451.
33. Moore MR, Garfin SR, Hargens AR. Wide tourniquets eliminate blood flow at low inflation pressures. *J Hand Surg [Am].* 1987; 12:1006–1011.
34. *Emergency War Surgery.* Washington, DC: Department of Defense, US Government Printing Office; 1975.
35. Office of The Surgeon General, US Army. *Emergency War Surgery.* 3rd US revision. Washington, DC: Department of Defense, USAMEDD Center and School, Borden Institute; 2004.
36. Langley DM, Criddle LM. The tourniquet debate. *J Emerg Nurs.* 2006;32:354–356.
37. Tejjwani NC, Immerman I, Achan P, Egol KA, McLaurin T. Tourniquet cuff pressure: the gulf between science and practice. *J Trauma.* 2006;61:1415–1418.
38. Calkins D, Snow C, Costello M, Bentley TB. Evaluation of possible battlefield tourniquet systems for the far-forward setting. *Mil Med.* 2000;165:379–384.
39. Mallory M. Emergency treatment and resuscitation at the battalion level. *Recent Adv Med Surg.* 1954;1:61–67.
40. Tarpey MJ. Tactical combat casualty care in Operation Iraqi Freedom. *Army Med Depart J.* 2005;38–41.
41. Kirkup J. Foundation lecture. Fracture care of friend and foe during World War I. *ANZ J Surg.* 2003;73:453–459.
42. Gray HMW. *The Early Treatment of War Wounds.* London: Oxford University Press; 1919:49–63.

DISCUSSÃO

Dr. Paul E. Pepe (University of Texas Southwestern Medical Center, Dallas, TX): Este estudo inovador conduzido pelo Coronel Kragh e sua equipe sobre as potenciais complicações do uso de torniquetes é altamente louvável, não apenas pelos resultados abrangentes que nos fornece, mas também pela ambição do projeto. Em um período relativamente curto, pouco mais de meio ano, eles coletaram dezenas de pontos de dados prospectivamente definidos em centenas de pacientes, com uma média de mais de duas aplicações de torniquete por dia. Assumindo, neste desenho prospectivo do estudo, que todos os usos consecutivos de torniquete foram capturados, este é um feito notável apenas em termos de esforço de trabalho, sem mencionar a contribuição científica, particularmente considerando o cenário, o ambiente clínico e a gravidade aguda das condições médicas.

Se houver algum problema, há tantos pontos de dados discutidos no artigo que quase se perde a floresta pelas árvores. Na tentativa de ser abrangente, os autores relataram mais de uma dúzia de páginas de resultados. Eles examinaram cuidadosamente cada canto e recanto de problemas potenciais, analisando-os sob todos os ângulos. Às vezes, alguns resultados são de natureza descritiva e muitas associações univariadas simples são fornecidas, que geram hipóteses.

Por exemplo, eles afirmaram que a aplicação pré-hospitalar tendia a ser um pouco menos eficaz do que a aplicação no pronto-socorro (ED). Embora esses achados possam refletir o cuidado prestado pelos provedores pré-hospitalares, muitos dos quais tinham níveis de treinamento muito básicos e a maioria não pôde ser identificada retrospectivamente, isso também pode ter refletido o dispositivo de torniquete utilizado. O EMT, não projetado para uso pré-hospitalar, foi usado predominantemente no ED, enquanto o CAT foi usado com mais frequência no pré-hospitalar. Em outras palavras, múltiplos fatores podem ter influenciado os achados declarados, e uma ou mais dessas associações podem ter sido variáveis substitutas para outros achados.

No entanto, os autores nos fornecem mais dados do que jamais tivemos sobre este assunto extremamente relevante. Aqueles de nós que trabalham em sistemas de trauma civis aguardavam ansiosamente por essa iniciativa baseada em dados de combate, e os autores devem ser agradecidos, não apenas pelos dados, mas pelo enorme esforço dedicado ao relato.

Um problema que aflige este estudo e a controvérsia existente sobre a aplicação de torniquetes é a questão do tempo e da duração de aplicação. Primeiramente, com base em trabalhos anteriores, os autores utilizam uma escala categórica de "maior que" ou "menor que" 2 horas para definir "tempo de aplicação seguro". Poder-se-ia argumentar que uma informação crítica que este estudo poderia ter fornecido seria examinar a morbidade em função do tempo como uma variável contínua.

Outra preocupação, que os autores reconhecem adequadamente, é que os dados de tempo não eram necessariamente precisos. Na maioria das circunstâncias, as informações sobre o tempo de aplicação tiveram que ser recuperadas por entrevista retrospectiva do pessoal envolvido, usando estimativas. Embora essa falta de registro seja compreensível dadas as circunstâncias, isso aponta a necessidade de dispositivos mais inteligentes que possam registrar automaticamente os tempos de inflagem e as pressões do torniquete. Tais considerações têm sido foco de conferências sobre sistemas médicos inteligentes. Isso não apenas permitiria uma melhor coleta de dados, mas também poderia resultar em dispositivos clínicos mais seguros e de utilização aprimorada no futuro.

Para concluir, quero enfatizar que os autores ajudaram a confirmar a relativa segurança do uso adequado de torniquetes e seu efeito salvador quando o dispositivo é aplicado de forma eficaz. Quero expressar pessoalmente minha admiração pelo esforço hercúleo e pioneiro deles. Acredito que isso terá um impacto significativo no cuidado clínico e nos resultados, não apenas de nossos soldados, mas também de nossas famílias e amigos, que podem algum dia enfrentar as terríveis consequências de traumas em nosso país.

Dr. John F. Kragh (US Army Institute of Surgical Research, Fort Sam Houston, TX):

Obrigado pelo reconhecimento, Dr. Pepe. A pesquisa de primeiros socorros envolvendo torniquetes tem sido um trabalho árduo para a equipe, mas tem sido produtiva. Submetemos o trabalho para revisão, que foi extenso e enfatizou a morbidade. Pretendemos publicar o trabalho sobre mortalidade em outro veículo, enquanto as questões práticas para a conferência ATACCC, onde o trabalho foi apresentado, são prioritárias, porque os usuários lá já conhecem a capacidade salvadora desses dispositivos.

As questões práticas abordadas no estudo são numerosas, e os dados preenchem lacunas específicas de conhecimento. Os projetos subsequentes apresentaram melhorias progressivas ao longo dos anos no local do estudo, o que indica que a performance geral de todo o sistema de saúde que atende o hospital de Bagdá está melhorando. As mudanças positivas no uso indicam que o cuidado contínuo, a educação e o refinamento da doutrina no local, em tempo real, são frutíferos.

Outras nações com pacientes no sistema também viram os resultados e tomaram medidas para fornecer mais torniquetes aos soldados.

Especificamente, o cuidado em relação aos torniquetes precisa melhorar quanto ao registro das informações básicas do torniquete, e isso está melhorando lentamente, em parte devido a este trabalho e ao programa maior como um todo. Muito trabalho ainda precisa ser feito em educação, refinamento da doutrina e publicação de resultados. O tempo de duração do torniquete é um bom exemplo do que precisa de atenção em termos de registro de horários de colocação e retirada.

A duração de uso é útil para o cirurgião estimar o tempo de isquemia quente, que está associado a complicações. No entanto, os resultados gerais do estudo mostram que, na maior parte, as complicações são infrequentes e o efeito salvador é comum. A tabela sobre duração do torniquete versus taxa de complicações mostra que ambos estão relacionados, o que confirma muitos trabalhos anteriores.

Destacamos várias questões para os leitores refletirem sobre assuntos similares, de modo que diferentes públicos, como socorristas e cirurgiões ortopédicos, possam usar o trabalho como base de conhecimento.

Dr. Pepe, você resumiu bem a aplicação do trabalho atual no conhecimento já estabelecido, e agradecemos sua perspectiva. É preciso uma visão ampla para perceber que isso não é apenas uma questão de cirurgia de trauma, não se trata apenas de cirurgia ortopédica ou vascular, e não é apenas enfermagem do pronto-socorro ou cuidados médicos pré-hospitalares — trata-se de primeiros socorros. Este trabalho abrange tudo isso e também o treinamento de leigos, embora seja difícil prever exatamente como isso ocorrerá.

Os achados precisam de confirmação adicional antes de serem generalizados além do contexto militar. Situações paramilitares e policiais são provavelmente as mais generalizáveis para contextos de guerra, e o cuidado civil tem alguma aplicabilidade, mas a extensão disso ainda não está clara. Em San Antonio, onde vivemos, paramédicos pré-hospitalares têm usado torniquetes de emergência recentemente em traumas civis. Não tenho certeza de quem está ensinando o quê, mas vimos vidas salvas aqui pelo uso em trauma civil.

Mais trabalho precisa ser feito para refinar como e quando usar torniquetes nesses contextos, e a história nos mostra que a popularidade do torniquete varia.

Agradecemos ao Dr. Pepe por ajudar a colocar o trabalho em contexto, de modo que os leitores possam entender a ferramenta vital que os torniquetes podem ser quando usados no paciente certo, no momento certo e da maneira correta.