

## Fratura Exposta da Diáfise da Tíbia no Adulto

*Autoria: Sociedade Brasileira de  
Ortopedia e Traumatologia  
Colégio Brasileiro de Radiologia*

---

**Elaboração Final:** 12 de novembro de 2007

**Participantes:** Kojima KE, Santin RAL, Bongiovani JC, Fichelli R,  
Rodrigues FL, Lourenço PBT, Rocha T, Castro WH,  
Skaf AY

---

*O Projeto Diretrizes, iniciativa conjunta da Associação Médica Brasileira e Conselho Federal de Medicina, tem por objetivo conciliar informações da área médica a fim de padronizar condutas que auxiliem o raciocínio e a tomada de decisão do médico. As informações contidas neste projeto devem ser submetidas à avaliação e à crítica do médico, responsável pela conduta a ser seguida, frente à realidade e ao estado clínico de cada paciente.*

## **DESCRIÇÃO DO MÉTODO DE COLETA DE EVIDÊNCIA:**

Realizada pesquisa no MEDLINE, da biblioteca nacional de medicina dos Estados Unidos (*U.S. National Library of Medicine*), por meio da base de dados MeSH (*Medical Subject Heading Terms*), utilizando os termos: *open fracture, tibial fractures, adult*.

## **GRAU DE RECOMENDAÇÃO E FORÇA DE EVIDÊNCIA:**

**A:** Estudos experimentais ou observacionais de melhor consistência.

**B:** Estudos experimentais ou observacionais de menor consistência.

**C:** Relatos de casos (estudos não controlados).

**D:** Opinião desprovida de avaliação crítica, baseada em consensos, estudos fisiológicos ou modelos animais.

## **OBJETIVO:**

Oferecer orientação, adaptada à realidade brasileira, destacando as melhores evidências disponíveis relacionadas ao tratamento da fratura exposta da tíbia.

## **CONFLITO DE INTERESSE:**

Nenhum conflito de interesse declarado.

## INTRODUÇÃO

A fratura da diáfise da tíbia é a fratura de osso longo mais freqüentemente tratada pelos ortopedistas. Sua incidência é maior em pacientes jovens e as causas mais comuns são o acidente de trânsito e trauma esportivo. Nos pacientes mais velhos, a causa mais freqüente é a queda<sup>1</sup>(C).

Nos acidentes de trânsito, devido à alta energia envolvida, 40% das fraturas da diáfise da tíbia são expostas, da mesma forma, queda de altura e trauma direto na perna são causas freqüentes<sup>1</sup>(C).

É considerada exposta aquela fratura na qual há perda da solução de continuidade da pele e do tecido subcutâneo e contato direto do osso com o meio externo, ou o contato indireto da fratura com o meio externo, pelo hematoma. Em ambas as situações, há a contaminação do foco de fratura com microorganismos do meio externo.

O risco de infecção após a fratura exposta depende do grau de contaminação ocorrido e da quantidade de tecidos desvitalizados<sup>2</sup>(C). Recentemente, outros fatores relacionados com o paciente, como estado imunológico e tabagismo, também foram apontados como fatores de risco para o desenvolvimento da infecção<sup>3</sup>(C).

## QUAL É A MELHOR FORMA DE CLASSIFICAR A FRATURA EXPOSTA?

A classificação adequada e precisa da fratura exposta é importante porque nos direciona à melhor forma de tratar, como também define o prognóstico da lesão, principalmente, o risco de desenvolvimento de infecção.

A classificação mais utilizada é a de Gustilo<sup>4</sup>(C), que no início considerava somente o tamanho do ferimento para classificar a fratura exposta, mas em 1984 sofreu modificação e passou a considerar a contaminação e a desvitalização dos tecidos moles e do osso<sup>5</sup>(C). Segundo a nova classificação, a fratura exposta do tipo I é a que apresenta ferimento menor que 1cm, é limpa, tem pouca lesão de partes moles, e a imagem da fratura tem traço simples ou com

mínima fragmentação. Por outro lado, a do tipo III é a que tem ferimento maior que 10 cm, grande contaminação, grave lesão dos tecidos moles e imagens de fraturas multifragmentadas. O tipo III foi dividido em mais três subtipos: IIIA – quando é possível recobrir o osso ao término da cirurgia; IIIB – quando não é possível recobrir o osso com partes moles viáveis; tipo IIIC – quando há lesão arterial associada, que necessita reparo.

A classificação de Gustilo leva em consideração fatores objetivos e subjetivos, por isso é possível divergência entre cirurgiões. A concordância na classificação da fratura entre observadores e para o mesmo observador, envolvendo 245 cirurgiões, foi de 59% (variando de 33% a 94%) entre os cirurgiões menos experientes, e de 66% (variando de 39% a 100%) entre os mais experientes<sup>6</sup>(B). Estes dados ressaltam a necessidade de avaliação cuidadosa da lesão, especialmente dos tipos intermediários.

## **QUAIS DEVEM SER OS CUIDADOS INICIAIS NA SALA DE EMERGÊNCIA?**

Deve ser evitada a excessiva manipulação da fratura exposta, para evitar o aumento da contaminação local, com a retirada de corpo-estranho de maior tamanho, como folhas, fragmentos de metal ou pedras. Graves deformidades devem ser corrigidas com o alinhamento do membro, evitando a redução anatômica, para que não ocorra a contaminação dos tecidos profundos com os germes superficiais<sup>7</sup>(D).

## **DEVEMOS COLHER CULTURA DO FERIMENTO ANTES DE INICIAR O TRATAMENTO?**

Embora exista recomendação de lavagem da fratura exposta e coleta de material para cultura,

antes da administração do antibiótico<sup>8</sup>(D), outros estudos mostraram que o valor desse procedimento não é relevante<sup>9</sup>(A). Apesar da positividade da cultura anterior ao desbridamento, geralmente corresponde aos germes da flora normal da pele, não apresenta correlação com desenvolvimento de infecção, e nem com o germe presente nos casos infectados. Prevalece a recomendação de não ser necessária a coleta de material para cultura, na sala de emergência<sup>10</sup>(B).

## **QUANDO INICIAR A ADMINISTRAÇÃO DO ANTIBIÓTICO?**

A administração endovenosa do antibiótico tem papel protetor contra o desenvolvimento de infecção<sup>11</sup>(A). Quanto mais precoce for iniciada, melhor o resultado<sup>12</sup>(C). O retardo no início da antibioticoterapia possibilita a multiplicação bacteriana, aumentando o risco de infecção<sup>13</sup>(D).

## **QUE ANTIBIÓTICO UTILIZAR?**

A função do antibiótico é matar as bactérias presentes no ferimento da fratura exposta, portanto, é importante conhecer a epidemiologia das infecções do seu local de trabalho. O contato com a comissão de infecção hospitalar é importante para determinar o germe mais freqüente e o padrão de sensibilidade antibiótica.

Como um dos germes mais freqüentemente encontrado é o *Staphylococcus aureus*<sup>8</sup>(D), vários autores recomendam o uso de derivados de cefalosporina nas fraturas Gustilo I e II<sup>14</sup>(D). Nas fraturas tipo III, devido à maior desvitalização tecidual e maior risco de infecção, recomenda-se a administração associada de aminoglicosídeos<sup>15</sup>(C). O metronidazol pode ser associado nas situações com contaminação por produtos orgânicos.

Com o advento da ciprofloxacina, mantém-se a recomendação de uso de terapia com um único antibiótico nas fraturas do tipo I e II, e de associação nas de tipo III<sup>16</sup>(A).

O antibiótico deve ser mantido por três dias nas fraturas expostas tipo I e II, e por cinco dias nas de tipo III. Se houver procedimentos cirúrgicos adicionais, como fixação interna, retalho ou enxertos, recomenda-se prolongar a administração do antibiótico<sup>14</sup>(D).

O uso do antibiótico é importante, mas não elimina nem substitui uma cuidadosa limpeza cirúrgica seguida do desbridamento<sup>17</sup>(A).

## **QUAL É O OBJETIVO DA LIMPEZA CIRÚRGICA?**

A lavagem do ferimento da fratura exposta é um passo importante na prevenção da infecção, recomenda-se a utilização de grande quantidade de líquido, 10 litros ou mais<sup>4</sup>(C). Mais importante que a quantidade de líquido utilizado é compreender o objetivo da limpeza cirúrgica, para que esta possa atingir seu objetivo<sup>18</sup>(D). A lavagem do sangue e fragmentos facilita a remoção de corpos-estranhos e pequenos contaminantes; faz flutuar os fragmentos necróticos de fáscia, músculo e gordura; facilita a circulação e a viabilidade dos tecidos; e determina a redução da população bacteriana.

## **QUAL SOLUÇÃO UTILIZAR NA LAVAGEM DA FRATURA EXPOSTA?**

O líquido padrão para a lavagem da fratura exposta é o soro fisiológico, utilizando a quantidade de 10 litros ou mais<sup>19</sup>(D). Vários produtos anti-sépticos, como a água oxigenada,

polvidine e clorexidine, foram estudados para utilização em associação com o soro fisiológico, mas a sua toxicidade causa efeitos deletérios nos tecidos moles, portanto, sua utilização não é recomendada<sup>20</sup>(C).

A adição de antibiótico na solução da lavagem tem mostrado resultados controversos. O uso de bacitracina ou cloreto de benzalcônio mostrou redução da população bacteriana. Entretanto, vários outros estudos não conseguiram demonstrar diferença no uso associado de antibióticos na solução da lavagem. Por isso, e por estar associado à irritação tecidual provocada por essas substâncias, não são utilizados nas lavagens.

## **EXISTE VANTAGEM NA UTILIZAÇÃO DE SISTEMAS DE ALTA PRESSÃO NA LIMPEZA CIRÚRGICA?**

A utilização de sistemas de lavagem de alta pressão permite a liberação de fragmentos e partículas dos tecidos moles, e também diminui a contagem de bactérias<sup>21</sup>(D). Entretanto, seu uso provoca lesão microscópica na arquitetura óssea, lesão dos tecidos moles e crescimento de bactérias em recessos profundos.

Estudos experimentais têm mostrado que, em ferimentos com menos de 3 a 6 horas de contaminação, o sistema de lavagem com alta pressão não tem vantagem, mas após 6 horas mostrou maior eficiência na remoção das bactérias<sup>22</sup>(D).

## **QUAL É O OBJETIVO DO DESBRIDAMENTO?**

O desbridamento é a remoção de tecidos necróticos e desvitalizados, que deve ser feito o mais precoce possível. Tem como objetivo a me-

lhora identificação da zona de lesão, detecção e remoção de corpos estranhos e tecidos inviáveis, redução da população bacteriana e criação de ferimento capaz de cicatrizar sem infecção.

Para uma adequada limpeza e desbridamento, recomenda-se a ampliação do ferimento, pelo menos a extensão equivalente ao diâmetro do osso. Outro guia para a ampliação é a exposição de toda zona de lesão. Toda pele e tecido subcutâneo desvitalizado, ou muito contaminados, devem ser retirados<sup>7(D)</sup>.

## QUAIS SÃO OS CRITÉRIOS PARA O DESBRIDAMENTO?

O músculo necrótico é excelente meio de cultura e possibilita o crescimento de bactérias anaeróbicas, por isso deve ser removido. O critério de avaliação da viabilidade muscular envolve a avaliação da coloração, consistência e capacidade de sangrar, sendo estes dois últimos os mais fidedígnos<sup>23(C)</sup>.

Por causa da anatomia vascular da musculatura, é possível haver músculos viáveis na superfície com grande quantidade de tecido muscular necrótico profundo, por isso, durante o desbridamento, é importante explorar todas as camadas musculares ao redor da lesão<sup>24(C)</sup>.

A decisão da retirada ou não de fragmentos de osso é difícil, porque, diferentemente do músculo, não tem um bom sistema de defesa contra infecção, e pela falha que pode redundar ao se retirar grandes fragmentos.

Fragmento ósseo pequeno sem importância mecânica, ou fragmento pequeno contaminado, deve ser removido. Fragmento ósseo grande que ainda mantenha algum suprimento sangüíneo, e

nos casos de menor lesão de partes moles, deve ser mantido<sup>7(D)</sup>. Em fratura exposta tipo III, a retenção de grandes fragmentos ósseos desvitalizados aumenta o risco de infecção<sup>25(C)</sup>.

## DEVE-SE SUTURAR O FERIMENTO DA FRATURA EXPOSTA DA TÍBIA?

O fechamento primário do ferimento na fratura exposta raramente está indicado. São consideradas condições ideais para o fechamento primário<sup>26(B)</sup>:

- Paciente em boas condições gerais;
- Desbridamento adequado dos tecidos necróticos e contaminados;
- Ferimento limpo;
- Circulação normal do membro;
- Ausência de espaço morto;
- Fechamento sem tensão das partes moles e pele.

Os ferimentos da fratura exposta tipo II devem ser avaliados com muito critério para decidir se a pele deve ser suturada ou mantida aberta. Sempre que possível, o osso deve ser recoberto com tecidos moles viáveis. As fraturas tipo III e as com mais de 8 a 12 horas de evolução devem ser mantidas sem sutura da pele<sup>27(B)</sup>.

Para um cirurgião inexperiente ou no caso de dúvida invocar o seguinte axioma, “quando em dúvida, deixe aberto” ou “nunca é errado manter aberta uma fratura aberta”.

## O QUE FAZER COM A LESÃO DE PARTES MOLES NA FRATURA EXPOSTA DA TÍBIA DO TIPO IIIB?

A fratura exposta tipo IIIB é aquela em que, ao final da limpeza e desbridamento, não há tecidos moles para cobertura do osso. Nessa situ-

ção, a recomendação é a reconstrução imediata das partes moles com a cobertura do osso com retalho muscular, seguida da fixação da fratura<sup>28</sup>(B).

Na impossibilidade da realização do retalho muscular imediato, recomenda-se a fixação externa da fratura, ou realizar o procedimento antes de cinco dias ou encaminhar o paciente a um centro especializado<sup>29</sup>(C).

## **QUAL É O RESULTADO DO USO DE CIMENTO IMPREGNADO COM ANTIBIÓTICOS NA FRATURA EXPOSTA TIPO IIIB?**

Os vários antibióticos podem ser adicionados ao polimetilmetacrilato sem perder sua atividade bactericida, com possibilidade de liberação suficiente para produzir níveis bactericidas nos fluidos e nos tecidos ao redor, maior até que o antibiótico endovenoso<sup>30</sup>(C). As bolas de cimento podem ser produzidas durante a cirurgia, com a mistura de 1g de pó de vancomicina em 40g de pó de cimento, e a moldagem de uma seqüência de bolas com 6 mm de diâmetro.

O uso do cimento com antibiótico na fratura exposta tipo IIIB, onde não foi realizada a reconstrução imediata das partes moles, mostra incidência menor de infecção<sup>31</sup>(B).

## **QUANDO ESTÁ INDICADO O CURATIVO COM PRESSÃO NEGATIVA?**

O sistema consiste de uma esponja de poliuretano, que é cortada no tamanho do ferimento e selada com um curativo oclusivo, e a pressão negativa é aplicada com a conexão por um tubo ao aspirador. É aplicada uma pressão negativa contínua de 125 mmHg abaixo da pres-

ção ambiental, e o curativo é trocado a cada dois dias. O objetivo é remover os líquidos do local, ativar a neoformação vascular, estimular a formação do tecido de granulação e diminuir a contagem de bactérias<sup>32</sup>(D).

Nos ferimentos causados por alta energia, onde não foi possível a reconstrução imediata, o curativo a vácuo tem resultados satisfatórios, em alguns casos até evitando a reconstrução tardia das partes moles<sup>33</sup>(B).

## **COMO FAZER A FIXAÇÃO DA FRATURA EXPOSTA DA TÍBIA?**

Uma etapa importante no tratamento da fratura exposta é a estabilização da fratura. Os objetivos são restaurar alinhamento e comprimento do membro; reduzir a superfície articular desviada; permitir acesso ao ferimento; facilitar procedimentos secundários de reconstrução; permitir reabilitação precoce; facilitar a consolidação e retorno à função<sup>34</sup>(C).

A fratura exposta deve ser estabilizada, pois o alinhamento do membro permite que os vasos mantenham melhor perfusão, evita dano dos nervos, melhora o retorno venoso e linfático, diminui espaço morto e os tecidos moles estabilizados têm maior capacidade de neoformação vascular e revascularização dos tecidos lesados. A fratura fixada permite a precoce mobilização do membro, que reduz o risco de complicações cardiovasculares, fenômeno tromboembólico e parece reduzir a morbidade e a mortalidade<sup>35</sup>(A).

Existem várias formas de fixar a fratura exposta da tíbia, desde sistemas simples como o gesso ou a tração, a fixação externa e a fixação definitiva imediata com placa ou haste intramedular. Quanto mais grave a lesão, re-

comenda-se uma fixação mais estável. Não há uma técnica claramente superior, pois o melhor método depende da personalidade da fratura exposta, isto é, do tipo de fratura, das condições do membro acometido, das condições gerais do paciente, do treinamento e da habilidade do cirurgião e das condições hospitalares de equipamentos, implantes e retaguarda.

## **QUAL É A INDICAÇÃO DA IMOBILIZAÇÃO GESSADA?**

A imobilização gessada pode ser utilizada de forma temporária ou como método definitivo de tratamento. A forma temporária usualmente é com a confecção de tala gessada ínguino-podálica, que é de fácil aplicação e de baixo custo, mas confere pouca estabilidade à fratura e dificulta o acesso ao ferimento.

A imobilização gessada como tratamento definitivo pode ser indicada nas fraturas de baixa energia, tipo I sem desvio ou minimamente desviada. Deve-se ter cuidado na aplicação do gesso, devido ao risco de síndrome compartimental<sup>36</sup>(B).

O tratamento definitivo com o aparelho gessado apresenta um tempo maior até a consolidação e também incidência maior de consolidação viciosa e limitação dos movimentos articulares<sup>37</sup>(A).

## **EXISTE INDICAÇÃO DA TRAÇÃO ESQUELÉTICA?**

A tração transesquelética, com passagem de um fio de Kirschner na porção distal da tíbia ou no calcâneo, não é uma forma comum de estabilização da fratura exposta da tíbia, pois obriga o paciente a ficar restrito ao leito e dificulta a reabilitação do membro.

Devido aos maus resultados não é utilizado para o tratamento definitivo da fratura exposta da tíbia<sup>35</sup>(A).

## **QUAIS SÃO AS VANTAGENS E AS DESVANTAGENS DA FIXAÇÃO EXTERNA?**

A estabilização da fratura exposta com fixador externo linear tem as seguintes vantagens: é fácil e rápido para colocar, adiciona pouca lesão aos tecidos, permite bom acesso ao ferimento e confere estabilidade suficiente como método provisório<sup>38</sup>(A).

O uso do fixador externo tem como desvantagens a dificuldade de fixação de fraturas complexas, transfixação de músculos e restrição dos movimentos, pode dificultar procedimentos secundários de rotação de retalhos, soltura e infecção dos pinos, e o uso prolongado pode provocar pseudo-artrose e consolidação viciosa<sup>38</sup>(A).

## **QUAL É O RESULTADO COM FIXADOR EXTERNO, PLACA, HASTE INTRAMEDULAR FRESADA E NÃO FRESADA EM RELAÇÃO AO ÍNDICE DE REOPERAÇÃO, PSEUDO-ARTROSE E INFECÇÃO?**

Comparado ao uso do fixador externo, a fixação com placa mostra maior risco de reoperações. Já a fixação com a haste intramedular não fresada apresenta risco relativo de reoperação 20% menor que a osteossíntese com fixador externo. Em relação à incidência de pseudo-artrose e infecção profunda, a haste intramedular não fresada não mostra diferença significativa em relação ao fixador externo, mas tem menor risco de desenvolver infecção superficial e consolidação viciosa<sup>39</sup>(A).

A utilização de haste fresada na fixação da fratura exposta da tíbia não mostra menor incidência de reoperação, pseudo-artrose ou infecção, quando comparada à haste não fresada. O risco de falha do implante é menor com o uso da haste fresada. Quando comparada ao uso do fixador externo, a haste fresada também mostra menor risco de reoperação, mas não reduz de forma significativa a pseudo-artrose e a infecção profunda<sup>39</sup>(A).

Com qualquer tipo de fixação, o paciente com maior risco de reoperação é aquele com

fraturas multifragmentadas, perda óssea e lesão extensa de partes moles.

Portanto, sempre que possível, deve ser feita fixação imediata definitiva com haste intramedular. Porém, na impossibilidade desse tipo de osteossíntese, o fixador externo é uma boa opção. Entretanto, a utilização deste até o final do tratamento está relacionada a maior número de complicações, portanto, recomenda-se que seja usado de forma temporária, com a conversão para a fixação interna assim que as condições permitam.

## REFERÊNCIAS

1. Court-Brown CM, McBirnie J. The epidemiology of tibial fractures. *J Bone Joint Surg Br* 1995;77:417-21.
2. Moore TJ, Mauney C, Barron J. The use of quantitative bacterial counts in open fractures. *Clin Orthop Relat Res* 1989;248:227-30.
3. Bowen TR, Widmaier JC. Host classification predicts infection after open fracture. *Clin Orthop Relat Res* 2005;433:205-11.
4. Gustilo RB, Anderson JT. Prevention of infection in the treatment of one thousand and twenty-five open fractures of long bones: retrospective and prospective analyses. *J Bone Joint Surg Am* 1976;58:453-8.
5. Gustilo RB, Mendoza RM, Williams DN. Problems in the management of type III (severe) open fractures: a new classification of type III open fractures. *J Trauma* 1984;24:742-6.
6. Brumback RJ, Jones AL. Interobserver agreement in the classification of open fractures of the tibia: the results of a survey of 245 orthopaedic surgeons. *J Bone Joint Surg Am* 1994;76:1162-6.
7. Olson SA. Open fractures of the tibial shaft. *J Bone Joint Surg Am* 1996;78:1428-36.
8. Patzakis MJ, Harvey JP Jr, Ivler D. The role of antibiotics in the management of open fractures. *J Bone Joint Surg Am* 1974;56:532-41.
9. Carsenti-Etesse H, Doyon F, Desplaces N, Gagey O, Tancrede C, Pradier C, et al. Epidemiology of bacterial infection during management of open leg fractures. *Eur J Clin Microbiol Infect Dis* 1999;18:315-23.
10. Valenziano CP, Chattar-Cora D, O'Neill A, Hubli EH, Cudjoe EA. Efficacy of primary wound cultures in long bone open extremity fractures: are they of any value? *Arch Orthop Trauma Surg* 2002;122:259-61.
11. Gosselin RA, Roberts I, Gillespie WJ. Antibiotics for preventing infection in open limb fractures. *Cochrane Database Syst Rev* 2004;(1):CD003764.
12. Patzakis MJ, Wilkins J. Factors influencing infection rate in open fracture wounds. *Clin Orthop Relat Res* 1989;243:36-40.
13. Robson MC, Duke WF, Krizek TJ. Rapid bacterial screening in the treatment of civilian wounds. *J Surg Res* 1973;14:426-30.
14. Wilkins J, Patzakis M. Choice and duration of antibiotics in open fractures. *Orthop Clin North Am* 1991;22:433-7.
15. Russell GV Jr, King C, May CG, Pearsall AW. Once daily high-dose gentamicin to prevent infection in open fractures of the tibial shaft: a preliminary investigation. *South Med J* 2001;94:1185-91.

16. Patzakis MJ, Bains RS, Lee J, Shepherd L, Singer G, Ressler R, et al. Prospective, randomized, double-blind study comparing single-agent antibiotic therapy, ciprofloxacin, to combination antibiotic therapy in open fracture wounds. *J Orthop Trauma* 2000;14:529-33.
17. Sorger JI, Kirk PG, Ruhnke CJ, Bjornson SH, Levy MS, Cockrin J, et al. Once daily, high dose versus divided, low dose gentamicin for open fractures. *Clin Orthop Relat Res* 1999;366:197-204.
18. Gross A, Cutright DE, Bhaskar SN. Effectiveness of pulsating water jet lavage in treatment of contaminated, crushed wounds. *Am J Surg* 1972;124:373-7.
19. Karuppasamy K, Hutton MJ, LeF Porteous MJ. A novel system for the irrigation of open fractures. *Injury* 2004;35:980-1.
20. van Huyssteen AL, Bracey DJ. Chlorhexidine and chondrolysis in the knee. *J Bone Joint Surg Br* 1999;81:995-6.
21. Anglen JO, Apostoles S, Christensen G, Gainor B. The efficacy of various irrigation solutions in removing slime-producing *Staphylococcus*. *J Orthop Trauma* 1994;8:390-6.
22. Bhandari M, Schemitsch EH, Adili A, Lachowski RJ, Shaughnessy SG. High and low pressure pulsatile lavage of contaminated tibial fractures: an in vitro study of bacterial adherence and bone damage. *J Orthop Trauma* 1999;13:526-33.
23. Artz CP, Sako Y, Scully RE. An evaluation of the surgeon's criteria for determining the viability of muscle during debridement. *AMA Arch Surg* 1956;73:1031-5.
24. Skjeldal S, Stromsoe K, Alho A, Johnsen U, Torvik A. Acute compartment syndrome: for how long can muscle tolerate increased tissue pressure? *Eur J Surg* 1992;158:437-8.
25. Edwards CC, Simmons SC, Browner BD, Weigel MC. Severe open tibial fractures: results treating 202 injuries with external fixation. *Clin Orthop Relat Res* 1988;230:98-115.
26. Hohmann E, Tetsworth K, Radziejowski MJ, Wiesniewski TF. Comparison of delayed and primary wound closure in the treatment of open tibial fractures. *Arch Orthop Trauma Surg* 2007;127:131-6.
27. Hertel R, Lambert SM, Muller S, Ballmer FT, Ganz R. On timing of soft tissue reconstruction for open fractures of the lower leg. *Arch Orthop Trauma Surg* 1999;119:7-12.
28. Dervin GF. Skeletal fixation of grade IIIB tibial fractures. The potential of metaanalysis. *Clin Orthop Relat Res* 1996;332:10-5.
29. Gopal S, Giannoudis PV, Murray A, Matthews SJ, Smith RM. The functional outcome of severe, open tibial fractures managed with early fixation and flap coverage. *J Bone Joint Surg Br* 2004;86:861-7.

30. Eckman JB Jr, Henry SL, Mangino PD, Seligson D. Wound and serum levels of tobramycin with the prophylactic use of tobramycin-impregnated polymethylmethacrylate beads in compound fractures. *Clin Orthop Relat Res* 1988;237:213-5.
31. Ostermann PA, Henry SL, Seligson D. The role of local antibiotic therapy in the management of compound fractures. *Clin Orthop Relat Res* 1993;295:102-11.
32. Webb LX. New technique in wound management: vacuum-assisted wound closure. *J Am Acad Orthop Surg* 2002;10:303-11.
33. Herscovici Jr D, Sanders RW, Scaduto JM, Infante A, DiPasquale T. Vacuum-assisted wound closure (VAC therapy) for the management of patients with high-energy soft tissue injuries. *J Orthop Trauma* 2003;17:683-8.
34. Chapman MW, Mahoney M. The role of early internal fixation in the management of open fractures. *Clin Orthop Relat Res* 1979;138:120-31.
35. Bone LB, Johnson KD, Weigert J, Scheinberg R. Early versus delayed stabilization of femoral fractures: a prospective randomized study. *J Bone Joint Surg Am* 1989;71:336-40.
36. Wade PA, Campbell Jr RD. Open versus closed methods in treating fractures of the leg. *Am J Surg* 1958;95:599-616.
37. Antich-Adrover P, Marti-Garin D, Murias-Alvarez J, Puente-Alonso C. External fixation and secondary intramedullary nailing of open tibial fractures: a randomised, prospective trial. *J Bone Joint Surg Br* 1997;79:433-7.
38. Tornetta P 3<sup>rd</sup>, Bergman M, Watnik N, Berkowitz G, Steuer J. Treatment of grade IIIb open tibial fractures. A prospective randomised comparison of external fixation and non-reamed locked nailing. *J Bone Joint Surg Br* 1994;76:13-9.
39. Bhandari M, Guyatt GH, Swiontkowski MF, Schemitsch EH. Treatment of open fractures of the shaft of the tibia: a systematic overview and meta-analysis. *J Bone Joint Surg Br* 2001;83:62-8.