

FRATURAS DA DIÁFISE DA TÍBIA

TIBIAL SHAFT FRACTURES

Kodi Edson Kojima¹, Ramon Venzon Ferreira²

RESUMO

A fratura de osso longo mais frequente é a da diáfise da tíbia, e seu tratamento adequado evita o aparecimento de falhas da consolidação, consolidação viciosa e reoperações. Para classificar a fratura ainda se utiliza a classificação AO/OTA, mas vale a pena conhecer a classificação de Ellis, que também inclui a avaliação da lesão das partes moles. A síndrome compartimental é uma associação frequente, e o diagnóstico precoce pode ser feito precocemente com avaliação dos parâmetros clínicos e uma monitorização clínica constante. Feito o diagnóstico, deve-se realizar a fasciotomia. A avaliação da consolidação sempre é difícil, mas o método de RUST pode ajudar nessa avaliação. Avalia-se a radiografia em duas projeções, dando-se pontos para a presença da linha de fratura e a presença de calo ósseo visível. Hoje em dia se discute o dogma das seis horas para a limpeza da fratura exposta. Considera-se de mais importância o início precoce da antibioticoterapia endovenosa e a gravidade da lesão. A questão do fechamento precoce ou tardio da lesão em uma fratura exposta passou por várias fases, com épocas se indicando o fechamento precoce e épocas o tardio. Atualmente se preconiza, sempre que possível, o fechamento precoce da lesão, pois isso diminui o risco de infecção. A fresagem do canal quando da introdução da haste intramedular ainda é um assunto controverso. Apesar de fortes posições pessoais a favor da fresagem, os estudos mostram haver alguma vantagem nas fraturas fechadas, mas não nas expostas.

Descritores – Fraturas da Tíbia; Fixação Intramedular de Fraturas; Diáfises

ABSTRACT

The long-bone fractures occur most frequently in the tibial shaft. Adequate treatment of such fractures avoids consolidation failure, skewed consolidation and reoperation. To classify these fractures, the AO/OTA classification method is still used, but it is worthwhile getting to know the Ellis classification method, which also includes assessment of soft-tissue injuries. There is often an association with compartmental syndrome, and early diagnosis can be achieved through evaluating clinical parameters and constant clinical monitoring. Once the diagnosis has been made, fasciotomy should be performed. It is always difficult to assess consolidation, but the RUST method may help in this. Radiography is assessed in two projections, and points are scored for the presence of the fracture line and a visible bone callus. Today, the dogma of six hours for cleaning the exposed fracture is under discussion. It is considered that an early start to intravenous antibiotic therapy and the lesion severity are very important. The question of early or late closure of the lesion in an exposed fracture has gone through several phases: sometimes early closure has been indicated and sometimes late closure. Currently, whenever possible, early closure of the lesion is recommended, since this diminishes the risk of infection. Milling of the canal when the intramedullary nail is introduced is still a controversial subject. Despite strong personal positions in favor of milling, studies have shown that there may be some advantage in relation to closed fractures, but not in exposed fractures.

Keywords – Tibial Fractures; Fracture Fixation, Intramedullary; Diaphysis

1 – Coordenador do Grupo de Trauma do Instituto de Ortopedia e Traumatologia do HC/FMUSP.

2 – Estagiário do Grupo de Trauma do Instituto de Ortopedia e Traumatologia do HC/FMUSP.

Trabalho realizado no Laboratório de Investigação Médica do Sistema Musculoesquelético – LIM41 do Departamento de Ortopedia e Traumatologia da FMUSP. Correspondência: Rua Dr. Ovídio Pires de Campos, 333, Cerqueira Cesar – 05403-010 – São Paulo, SP. E-mail: kodikojima@uol.com.br

Trabalho recebido para publicação: 04/11/10, aceito para publicação: 03/03/11.

INTRODUÇÃO

O conhecimento dos métodos de tratamento das fraturas da diáfise da tibia é importante porque essa é a fratura de osso longo mais frequente, acomete preferencialmente homens jovens⁽¹⁾ e as complicações como reoperações, não consolidação e consolidação viciosa são relativamente comuns⁽²⁾.

O objetivo deste artigo é reforçar os conceitos básicos e informar sobre as novidades no tratamento da fratura da diáfise da tibia, com a intenção de atualizar o ortopedista, para que os pacientes portadores dessa lesão sejam tratados com o que de mais recente existe de evidências da literatura.

CLASSIFICAÇÃO DA LESÃO

A classificação da fratura mais utilizada tem sido a de OTA/AO, que leva em consideração a região do osso acometido, a energia e o mecanismo de trauma. Classifica as fraturas simples em A, as fragmentadas com cunha em B e as multifragmentadas complexas em C⁽³⁾.

Essa classificação permite uma boa diferenciação e entendimento do padrão da fratura, com boa relação com o prognóstico e resultado clínico⁽⁴⁾. Também permite algum entendimento da lesão associada das partes moles, mas como isso não faz parte da classificação, permite que, se o cirurgião não estiver atento, faça somente a classificação da fratura, sem a devida correlação com a lesão de partes moles.

Apesar de não ser recente, a classificação de Ellis *apud* Burwell⁽⁵⁾ é interessante de se conhecer, pois, além da morfologia da fratura, também avalia e gradua o desvio dos fragmentos, as condições de partes moles e a energia da fratura (Tabela 1).

Tabela 1 – Classificação de Ellis para fratura da diáfise da tibia.

Características	Leve	Moderada	Grave
Desvio	0 a 50% diâmetro	51 a 100% diâmetro	100%
Cominuição	0 ou mínima	0 ou 1 fragmento	≥ 2 fragmentos ou segmentar
Partes moles	Fechada grau 0 Aberta grau I	Fechada grau I Aberta grau II	Fechada graus II-III Aberta grau III-IV
Energia	Baixa	Moderada	Alta
Mecanismo	Helicoidal	Oblíqua / transversa	Transversa / fragmentada

A análise com mais atenção das duas classificações nos permite perceber que a classificação OTA/AO permite uma boa descrição e entendimento da morfologia da fratura e a de Ellis um bom entendimento das lesões dos tecidos moles. Como ocorre em todas as classificações, nenhuma isoladamente consegue ser totalmente satisfatória e completa (Figura 1).



Figura 1 – Fratura da diáfise da tibia esquerda, classificada como 42-C2 na classificação AO-OTA, e como grave na de Ellis.

O recomendável seria usar a classificação de Ellis para as lesões associadas de partes moles, que também pode ser complementada pela classificação de Tscherné para as fraturas fechadas e de Gustilo para as abertas; e usar a classificação OTA/AO para o planejamento do tratamento.

Sempre devemos ressaltar que o ortopedista não deve avaliar somente a radiografia da fratura para decidir o tratamento. As condições das partes moles são determinantes na decisão do momento para a cirurgia definitiva, do método de fixação e estão intimamente relacionadas com o prognóstico.

SÍNDROME DO COMPARTIMENTO

A fratura da diáfise da tibia é a causa mais frequente de síndrome do compartimento⁽⁶⁾ e, sem um diagnóstico correto e precoce que leve a um tratamento também precoce, leva a sequelas irreparáveis.

A suspeita clínica é o principal elemento para o diagnóstico precoce da síndrome do compartimento. Nos casos suspeitos é fundamental se manter uma vigilância contínua com avaliação seriada do membro acometido.

Dor desproporcional à lesão e que se agrava com a tensão passiva da musculatura acometida é um dos sinais mais precoces e sensíveis da síndrome do compartimento⁽⁷⁾. Devemos ter cuidado em pacientes com trauma craniano, lesão raquimedular ou qualquer outra lesão que leve a déficit neurológico periférico, pois a dor pode estar ausente. Nesses casos, havendo a suspeita, outros métodos diagnósticos devem ser utilizados.

A palpação de aumento da pressão e firmeza no compartimento é o único e mais precoce achado clínico objetivo. Na grande maioria dos casos, a perfusão periférica está mantida e os pulsos arteriais também, portanto, são maus sinais para o diagnóstico precoce.

Estudos mostram semelhança entre os vários métodos de medida da pressão intracompartimental⁽⁸⁻¹⁰⁾. Segundo McQueen *et al*⁽⁷⁾, o acompanhamento de pacientes que apresentavam diferença da medida da pressão do compartimento e da pressão diastólica $\leq 30\text{mmHg}$, apresentavam função muscular normal, mesmo sem a liberação do compartimento. Esse dado e outros de estudos pré-clínicos indicam que o limite para a pressão de perfusão tecidual é de pelo menos 20mmHg entre a pressão do compartimento e a pressão diastólica⁽¹¹⁾.

Al-Dadah *et al*⁽¹²⁾, estudando 218 pacientes com fratura da tíbia, não conseguiram demonstrar que a medida intracompartimental da pressão era superior ao monitoramento contínuo. Desses pacientes foram tratados da síndrome compartimental 15,6% no grupo com medida contínua da pressão e 14,7% nos com avaliação continuada. O tempo até a fasciotomia também não mostrou diferença, 22 e 23 horas, respectivamente.

A medida da pressão deve ser feita em todos os compartimentos e é maior a uma distância de até 5cm da fratura⁽¹¹⁾.

Feito o diagnóstico, está indicada a fasciotomia dos quatro compartimentos, preferencialmente por duas incisões longas, uma lateral e outra medial. O ferimento deve ser deixado aberto e pode ser coberto com curativo a vácuo. Se houver necrose muscular, deve ser feita revisão em 24 a 48 horas. Se o diagnóstico foi precoce e a musculatura não apresentava necrose, o paciente retorna em três a cinco dias para se tentar o fechamento das incisões.

AValiação DA CONSOLIDAÇÃO

O processo de consolidação que ocorre após a fixação com haste intramedular evolui em fases, sendo a primeira a fase de inflamação, seguida da fase de reparação e finalmente a de remodelação.

A fratura só pode ser considerada curada quando finaliza todo o processo da consolidação; portanto, quando termina a fase de remodelação, que pode levar vários meses.

Muitos autores consideram a fratura consolidada ao final da fase de reparação, momento no qual é possível liberar a carga total no membro acometido; entretanto, pela falta da remodelação completa, o implante não poderia ser retirado.

Várias maneiras foram descritas para definir a consolidação da fratura. Um dos mais aceitos é a avaliação do número de corticais com calo ósseo em duas projeções radiográficas ortogonais⁽¹³⁾. Este método tem como base um estudo em animais que mostra que o número de corticais com ponte óssea é um forte preditor da consolidação ($r = 0,80$)⁽¹⁴⁾. Entretanto, este método tem mostrado uma razoável variação intra e interobservador⁽¹⁵⁾.

Kooistra *et al*⁽¹⁶⁾ recomendam o uso do método chamado “RUST - *Radiographic Union Scale for Tibial fractures*” para a avaliação da consolidação, uma vez que este método apresenta uma melhor correlação intra e interobservador. Nesse método de avaliação também se avalia as corticais em duas projeções radiográficas ortogonais, e para cada cortical se dá pontos que variam de um a três (Tabela 2). Dessa maneira, uma fratura recém-operada terá o mínimo de pontos que é quatro e uma fratura totalmente consolidada terá o máximo de 12 pontos (Figura 2).

Tabela 2 – Método “RUST – *Radiographic Union Scale for Tibial fractures*” para avaliação da consolidação da fratura da diáfise da tíbia. Avalia-se em duas projeções ortogonais, sendo dados pontos para cada uma das quatro corticais. Uma fratura não consolidada terá quatro pontos e uma completamente consolidada terá 12 pontos.

Avaliação radiográfica		
Pontos por cortical	Calo ósseo	Linha da fratura
1	Ausente	Visível
2	Presente	Visível
3	Presente	Invisível



Figura 2 – A) Fratura 42-B3 da diáfise da tíbia. B) Segundo o método “RUST”: cortical posterior um ponto, cortical anterior três pontos, cortical medial e lateral dois pontos, total oito pontos.

Fratura exposta – impacto do tempo na taxa de infecção

Ultimamente, muito se tem discutido em relação à importância do tempo até o tratamento e a incidência de infecção na fratura exposta da tíbia. Alguns falam que o tempo não tem mais importância, enquanto que outros ainda defendem o consagrado dogma das seis horas.

Defender as seis horas conceitualmente é bom, pois nos dá a referência de que quanto antes fizermos o tratamento, melhor. Entretanto, não há embasamento de literatura para o estabelecimento deste como o parâmetro verdadeiro e único.

Esse limite de seis horas provavelmente se originou baseado no estudo de Freidrich de 1898 *apud* Wangenstein e Wangenstein⁽¹⁷⁾ em cobaias, que demonstrou que em seis horas há maciça replicação de colônias de bactérias, o que torna o desbridamento cirúrgico menos eficiente.

Um estudo clínico que deu suporte às seis horas foi o de Kindsfater *et al*⁽¹⁸⁾ que estudando o tratamento de 47 pacientes com fratura exposta da tíbia, observaram maior incidência de infecção nos casos tratados com mais de cinco horas.

Um dos primeiros estudos a levantar a dúvida sobre a regra das seis horas foi o de Patzakis e Wilkins⁽¹⁹⁾, que encontrou taxas de infecção de 6,8% nas lesões tratadas antes de 12 horas e de 7,1% nas que foram tratadas depois de 12 horas, diferença que não foi significativa estatisticamente.

Harley *et al*⁽²⁰⁾ revisaram, retrospectivamente, 215 casos de fraturas expostas com o objetivo de avaliar a correlação do tempo para o desbridamento e a taxa de retardo da consolidação e infecção. Apesar de 46% dos pacientes terem sido tratados com mais de oito horas do acidente, não foi possível estabelecer correlação entre o tempo de atraso do tratamento e as complicações. O que ficou bem estabelecido foi o achado do aumento da taxa de infecção proporcional à gravidade da lesão.

Em outro estudo, Spencer *et al*⁽²¹⁾ avaliaram 142 fraturas expostas, com 60% delas sendo tratadas nas primeiras seis horas após o acidente. A taxa geral de infecção foi de 10,4%, e não foi possível estabelecer significância estatística entre os casos tratados antes e depois das seis horas.

Como vemos, os estudos falham na tentativa de demonstrar a veracidade da regra das seis horas; entretanto, todos mostram suficiente evidência da relação entre a infecção e a gravidade da lesão. Outros dois fatos a serem levados em consideração é a conclusão de Patzakis e Wilkins⁽¹⁹⁾ que diz que “o fator mais importante na redução da infecção é a administração precoce de antibióticos” em contraste com Gustilo e Anderson⁽²²⁾ que afirmam que o desbridamento é o fator mais importante para se obter um bom resultado em uma fratura exposta. Provavelmente, a verdade deve estar a meio caminho entre os dois, devemos aplicar o antibiótico o mais precoce possível e fazer uma boa lavagem e desbridamento.

Na revisão feita por Crowley *et al*⁽²³⁾ sobre o tempo e infecção, os autores chegam à conclusão que: a regra das seis horas deve ser revista, mas o desbridamento deve ocorrer o mais precoce possível.

Fratura exposta da tíbia – fechamento primário ou tardio?

O tratamento do ferimento após a limpeza, com o fechamento primário ou tardio da lesão, passou por várias fases. Por muito tempo recomendou-se o fechamento tardio da lesão, como na experiência norte-americana na Segunda Guerra Mundial e na Guerra do Vietnã, que tinham taxas de infecção de 2,5% nas lesões fechadas tardiamente⁽²⁴⁾. O estudo clássico de Gustilo e Anderson⁽²²⁾ com o fechamento precoce das lesões grau I e II apresentou infecção

de 6%, mas o fechamento das lesões grau III levou a taxas de 44%. Por isso, a recomendação dos autores era para que nas lesões grau I e II fosse feito o fechamento precoce, mas nas grau III a ferida fosse mantida aberta e realizada revisão cirúrgica e fechamento tardio.

Merritt⁽²⁵⁾ encontrou em seu estudo que o germe presente nas culturas antes da lavagem e desbridamento não tinha correlação importante com o germe isolado quando ocorria a infecção. O que foi importante foi o crescimento bacteriano depois do desbridamento, o que levou à suspeita de que o germe que provoca a infecção seja intra-hospitalar. Desse fato vem a ideia de se praticar o fechamento precoce da ferida.

Os clássicos estudos de Godina⁽²⁶⁾ e Gopal *et al*⁽²⁷⁾ que realizaram o fechamento precoce da lesão ou a rotação precoce de retalho mostrou significativa redução das taxas de infecção, mesmo em fraturas expostas graves.

Como conclusão, podemos usar as recomendações de Crowley *et al*⁽²³⁾ para que as fraturas graus I, II e IIIA não sofram contaminação hospitalar após a limpeza e desbridamento, deve-se realizar o fechamento precoce da lesão. As exceções a essa regra seriam os casos de contaminação excessiva e fechamento com muita tensão.

Nas fraturas expostas grau IIIB, se possível, depois do desbridamento realizar a rotação de retalho para o fechamento da lesão. Na maioria dos serviços isso não é possível pela falta de cirurgiões habilitados na emergência. A conduta então deve ser por manter a ferida aberta, mas protegida da contaminação secundária, seja com o uso do curativo a vácuo⁽²⁸⁾ ou com a colocação de pérolas de cimento com antibiótico selado com filme plástico estéril.

Fresar ou não fresar?

Para melhor entender essa polêmica, o melhor é analisar revisão sistemática publicada por Lam *et al*⁽²⁹⁾ (Tabela 3).

CONSIDERAÇÕES FINAIS

O resultado da análise dos estudos incluídos mostra que, em relação à não união, a fresagem traz benefícios, tendo menor taxa de falha da consolidação e

Tabela 3 – Resultado dos estudos analisados por Lam *et al*⁽²⁹⁾ em sua revisão sistemática, quanto ao tempo de consolidação e não união em estudos prospectivos randômicos do tratamento da fratura da diáfise da tíbia com haste intramedular fresada e não fresada.

Autores	Pacientes	Não união		Consolidação (sem.)	
		Fresada	Não	Fresada	Não
Court-Brown <i>et al</i> ⁽³⁰⁾	50	0%	20%	15,4	22,8
Keating <i>et al</i> ⁽³¹⁾	91	8,5%	12,2%	ns	ns
Blachut <i>et al</i> ⁽³²⁾	152	4%	11%		
Finkemeier <i>et al</i> ⁽³³⁾	90	23,8%	54,6%		
Ziran <i>et al</i> ⁽³⁴⁾	51	27,3%	13,8%		
Larsen <i>et al</i> ⁽³⁵⁾	48	0%	13%	16,7	25,7
SPRINT fechadas ⁽³⁶⁾	1319	11%	17%		
SPRINT expostas ⁽³⁶⁾		29%	24%		

ns = não significativo

também promove uma consolidação mais rápida, nos casos de fratura fechada da diáfise da tíbia. Essa diferença parece não ser significativa nos casos de fratura exposta.

No estudo com maior número de pacientes incluídos, o SPRINT, não há valores separados somente para a não união. Os resultados são apresentados de maneira composta da não união com outras complicações.

Apesar desses dados, as controvérsias em relação às vantagens da fresagem do canal continuam, porque existem potenciais vieses que podem levar ao erro de interpretação e conclusões equivocadas.

Nos estudos avaliados, a definição de não consolidação e o tempo de seguimento foram muito variáveis, não permitindo uma avaliação estatística conjunta dos dados. Outro problema foi o pequeno número de casos em alguns estudos. Talvez a maior fonte de viés na maioria dos estudos tenha sido a não adesão ao princípio da intenção-de-tratamento.

Apesar da posição firme de alguns cirurgiões em relação à obrigatoriedade da fresagem, os estudos clínicos não têm consistência suficiente para dar suporte irrestrito a isso. Nas fraturas fechadas parece haver vantagem da fresagem, mas nas expostas isso não ocorre.

REFERÊNCIAS

- Court-Brown CM, Rimmer S, Prakash U, McQueen MM. The epidemiology of open long bone fractures. *Injury*. 1998;29(7):529-34.
- Freedman EL, Johnson EE. Radiographic analysis of tibial fracture malalignment following intramedullary nailing. *Clin Orthop Relat Res*. 1995;(315):25-33.
- Fracture and dislocation compendium. Orthopaedic Trauma Association Committee for Coding and Classification. *J Orthop Trauma*. 1996;10(Suppl 1):1-154.
- Swiontkowski MF, Agel J, McAndrew MP, Burgess AR, MacKenzie EJ. Outcome validation of the AO/OTA fracture classification system. *J Orthop Trauma*. 2000;14(8):534-41.
- Burwell HN. Plate fixation of tibial shaft fractures. A survey of 181 injuries. *J Bone Joint Surg Br*. 1971;53(2):258-71.
- McQueen MM, Gaston P, Court-Brown CM. Acute compartment syndrome. Who is at risk? *J Bone Joint Surg Br*. 2000;82(2):200-3.
- McQueen MM, Christie J, Court-Brown CM. Acute compartment syndrome in tibial diaphyseal fractures. *J Bone Joint Surg Br*. 1996;78(1):95-8.
- Seiler JG 3rd, Womack S, De L'Aune WR, Whitesides TE, Hutton WC. Intracompartmental pressure measurements in the normal forearm. *J Orthop Trauma*. 1993;7(5):414-6. Erratum in: *J Orthop Trauma* 1994;8(4):365.
- Abraham P, Leftheriotis G, Saumet JL. Laser Doppler flowmetry in the diagnosis of chronic compartment syndrome. *J Bone Joint Surg Br*. 1998;80(2):365-9.
- Willy C, Gerngross H, Sterk J. Measurement of intracompartmental pressure with use of a new electronic transducer-tipped catheter system. *J Bone Joint Surg Am*. 1999;81(2):158-68.
- Heckman MM, Whitesides TE Jr, Grewe SR, Judd RL, Miller M, Lawrence JH 3rd. Histologic determination of the ischemic threshold of muscle in the canine compartment syndrome model. *J Orthop Trauma*. 1993;7(3):199-210.
- Al-Dadah OQ, Darrach C, Cooper A, Donell ST, Patel AD. Continuous compartment pressure monitoring vs. clinical monitoring in tibial diaphyseal fractures. *Injury*. 2008;39(10):1204-9.
- Bhandari M, Guyatt GH, Swiontkowski MF, Tornetta P 3rd, Sprague S, Schemitsch EH. A lack of consensus in the assessment of fracture healing among orthopaedic surgeons. *J Orthop Trauma*. 2002;16(8):562-6.
- Panjabi MM, Walter SD, Karuda M, White AA, Lawson JP. Correlations of radiographic analysis of healing fractures with strength: a statistical analysis of experimental osteotomies. *J Orthop Res*. 1985;3(2):212-8.
- Davis BJ, Roberts PJ, Moorcroft CI, Brown MF, Thomas PB, Wade RH. Reliability of radiographs in defining union of internally fixed fractures. *Injury*. 2004;35(6):557-61.
- Kooistra BW, Dijkman BG, Busse JW, Sprague S, Schemitsch EH, Bhandari M. The radiographic union scale in tibial fractures: reliability and validity. *J Orthop Trauma*. 2010;24(Suppl 1):S81-6.
- Wangensteen OH, Wangenstein SD. Carl Reyher (1846-1890), great Russian military surgeon: His demonstration of the role of debridement in gunshot wounds and fractures. *Surgery*. 1973;74(5):641-9.
- Kindsfater K, Jonassen EA. Osteomyelitis in grade II and III open tibia fractures with late debridement. *J Orthop Trauma*. 1995;9(2):121-7.
- Patzakis MJ, Wilkins J. Factors influencing infection rate in open fracture wounds. *Clin Orthop Relat Res*. 1989;(243):36-40.
- Harley BJ, Beaupre LA, Jones CA, Dulai SK, Weber DW. The effect of time to definitive treatment on the rate of nonunion and infection in open fractures. *J Orthop Trauma*. 2002;16(7):484-90.
- Spencer J, Smith A, Woods D. The effect of time delay on infection in open long-bone fractures: a 5-year prospective audit from a district general hospital. *Ann R Coll Surg Engl*. 2004;86(2):108-12.
- 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(4):453-8.
- Crowley DJ, Kanakaris NK, Giannoudis PV. Debridement and wound closure of open fractures: the impact of the time factor on infection rates. *Injury*. 2007;38(8):879-89.
- Heaton LD, Hughes CW, Rosegay H, Fisher GW, Feighny RE. Military surgical practices of the United States Army in Viet Nam. *Curr Probl Surg*. 1966:1-59.
- Merritt K. Factors increasing the risk of infection in patients with open fractures. *J Trauma*. 1988;28(6):823-7.
- Godina M. Early microsurgical reconstruction of complex trauma of the extremities. *Plast Reconstr Surg*. 1986;78(3):285-92.
- Gopal S, Majumder S, Batchelor AG, Knight SL, De Boer P, Smith RM. Fix and flap: the radical orthopaedic and plastic treatment of severe open fractures of the tibia. *J Bone Joint Surg Br*. 2000;82(7):959-66.
- Stannard JP, Singanamala N, Volgas DA. Fix and flap in the era of vacuum suction devices: What do we know in terms of evidence based medicine? *Injury*. 2010;41(8):780-6.
- Lam SW, Teraa M, Leenen LP, van der Heijden GJ. Systematic review shows lowered risk of nonunion after reamed nailing in patients with closed tibial shaft fractures. *Injury*. 2010;41(7):671-5.
- Court-Brown CM, Will E, Christie J, McQueen MM. Reamed or unreamed nailing for closed tibial fractures. A prospective study in Tscherne C1 fractures. *J Bone Joint Surg Br*. 1996;78(4):580-3.
- Keating JF, O'Brien PJ, Blachut PA, Meek RN, Broekhuysen HM. Locking intramedullary nailing with and without reaming for open fractures of the tibial shaft. A prospective, randomized study. *J Bone Joint Surg Am*. 1997;79(3):334-41.
- Blachut PA, O'Brien PJ, Meek RN, Broekhuysen HM. Interlocking intramedullary nailing with and without reaming for the treatment of closed fractures of the tibial shaft. A prospective, randomized study. *J Bone Joint Surg Am*. 1997;79(5):640-6.
- Finkemeier CG, Schmidt AH, Kyle RF, Templeman DC, Varecka TF. A prospective, randomized study of intramedullary nails inserted with and without reaming for the treatment of open and closed fractures of the tibial shaft. *J Orthop Trauma*. 2000;14(3):187-93.
- Ziran BH, Darowish M, Klatt BA, Agudelo JF, Smith WR. Intramedullary nailing in open tibia fractures: a comparison of two techniques. *Int Orthop*. 2004;28(4):235-8.
- Larsen LB, Madsen JE, Høiness PR, Øvre S. Should insertion of intramedullary nails for tibial fractures be with or without reaming? A prospective, randomized study with 3.8 years' follow-up. *J Orthop Trauma*. 2004;18(3):144-9.
- Bhandari M, Guyatt G, Tornetta P 3rd, Schemitsch EH, Swiontkowski M, Sanders D, Walter SD. Randomized trial of reamed and unreamed intramedullary nailing of tibial shaft fractures. *J Bone Joint Surg Am*. 2008;90(12):2567-78.