



Artigo Original

Tratamento das fraturas em duas partes do colo cirúrgico do úmero com o uso de haste intramedular metafisária bloqueada proximalmente com estabilidade angular[☆]



Leandro Viecili*, Donato Lo Turco,
João Henrique Arruda Ramalho, Carlos Augusto Finelli e Alexandre Penna Torini

Hospital Municipal Carmino Caricchio, São Paulo, SP, Brasil

INFORMAÇÕES SOBRE O ARTIGO

Histórico do artigo:

Recebido em 30 de novembro de 2013

Aceito em 13 de fevereiro de 2014

On-line em 1 de agosto de 2014

Palavras-chave:

Fratura do úmero

Fixação intramedular de fraturas

Procedimentos cirúrgicos

R E S U M O

Objetivos: Avaliar os resultados funcionais de pacientes com fraturas do colo cirúrgico tratados com haste intramedular metafisária bloqueada (HIMB) e estabilidade angular.

Métodos: Foram analisados 22 pacientes prospectivos entre 21 e 69 anos, avaliados entre janeiro de 2010 e janeiro de 2011, e correlacionados tempo de consolidação, idade, sexo, complicações e resultado funcional com o protocolo da University of California at Los Angeles (UCLA) modificado.

Resultados: O tempo de consolidação médio foi de $9,26 \pm$ intervalo de confiança (IC) de 0,40 semana. Um caso (4,5%) não se consolidou. Não houve infecção. Houve um caso (4,5%) de capsulite adesiva com boa evolução ao tratamento clínico. Cinco pacientes (22,7%) apresentaram leve dor eventual e um caso (4,5%) referiu dor de média intensidade associada a impacto subacromial do implante. O escore médio UCLA modificado foi $30,4 \pm$ IC 1,6 ponto obtidos no fim de 12 meses de avaliação, 18 casos (81,8%) com escore «excelente» e «bom», três casos (13,6%) com escore «razoável» e um caso (4,5%) com escore «ruim».

Conclusão: No grupo de pacientes avaliados, o tratamento das fraturas em duas partes do colo cirúrgico com HIMB e a estabilidade angular demonstraram resultados funcionais satisfatórios e baixo índice de complicações, semelhantes aos encontrados na literatura.

© 2014 Sociedade Brasileira de Ortopedia e Traumatologia. Publicado por Elsevier Editora Ltda. Todos os direitos reservados.

[☆] Trabalho desenvolvido no Instituto de Ortopedia e Traumatologia do Hospital Municipal Carmino Caricchio, São Paulo, SP, Brasil.

* Autor para correspondência.

E-mails: leandro.viecili@hotmail.com, leandro.viecili@me.com (L. Viecili).

<http://dx.doi.org/10.1016/j.rbo.2014.02.011>

0102-3616/© 2014 Sociedade Brasileira de Ortopedia e Traumatologia. Publicado por Elsevier Editora Ltda. Todos os direitos reservados.

Treatment of two-part fractures of the surgical neck of the humerus using a locked metaphyseal intramedullary nail proximally with angular stability

A B S T R A C T

Keywords:

Humeral fracture
Intramedullary fracture fixation
Surgical procedures

Objectives: To evaluate the functional results from patients with surgical neck fractures treated with a locked metaphyseal intramedullary nail and angular stability.

Methods: Twenty-two patients between the ages of 21 and 69 years were evaluated prospectively between January 2010 and January 2011. Their time taken for consolidation, age, sex, complications and functional results were correlated using the modified protocol of the University of California at Los Angeles (UCLA).

Results: The mean time taken for consolidation was 9.26 weeks $\pm$ confidence interval (CI) of 0.40 weeks. One case (4.5%) did not become consolidated. There were no cases of infection. There was one case (4.5%) of adhesive capsulitis with good evolution through clinical treatment. Five patients (22.7%) presented occasional mild pain and one case (4.5%) reported medium-intensity pain associated with the subacromial impact of the implant. The mean score on the modified UCLA scale was 30.4 $\pm$ CI 1.6 points, obtained at the end of 12 weeks of evaluation: 18 cases (81.8%) with «excellent» and «good» scores, three cases (13.6%) with «fair» scores and one case (4.5%) with a «poor» score.

Conclusion: In the group of patients evaluated, treatment of two-part surgical neck fractures by means of a locked metaphyseal intramedullary nail and angular stability demonstrated satisfactory functional results and a low complication rate, similar to what is seen in the literature.

© 2014 Sociedade Brasileira de Ortopedia e Traumatologia. Published by Elsevier Editora Ltda. All rights reserved.

Introdução

As fraturas do úmero proximal representam 5% de todas. São mais prevalentes na população idosa e no sexo feminino.¹ A indicação cirúrgica baseia-se no desvio dos fragmentos segundo os critérios descritos por Neer,² bem como nas variações da expectativa de resultado final, a depender da idade e do grau de atividade do paciente antes da lesão.³⁻⁵

A maioria das fraturas não apresenta desvio.⁶ Em adolescentes e adultos jovens são mais comuns mecanismos de alta energia. Nos idosos o mecanismo mais comum é de baixa energia, como queda do nível do solo com trauma indireto no membro superior.⁷ O uso de drogas, álcool e fumo, assim como qualquer condição clínica que leve a osteoporose, aumenta o risco de fraturas em pacientes jovens.⁸⁻¹⁰

As fraturas do colo cirúrgico do úmero representam 25% das da região proximal. Desde que não haja grande comprometimento de partes moles e suprimento sanguíneo, há um baixo risco de osteonecrose. Neer descreveu três tipos de fratura do colo cirúrgico: angulada, transladada/separada e cominuta.² A diáfise tende a ser puxada anteromedialmente pela ação do músculo peitoral maior. O desvio esperado da região proximal adota uma posição neutra ou progressivamente para varo pela ação do manguito rotador.²

Há diversas opções de tratamento cirúrgico.¹¹ A redução aberta e a fixação com placa de ângulo fixo é uma opção bem difundida na literatura.¹² Entretanto, a redução indireta e a fixação com haste intramedular metafisária bloqueada (HIMB) gradualmente ganha espaço no arsenal terapêutico.¹³

Material e métodos

Foram analisados 22 pacientes prospectivos entre 21 e 69 anos, média de 41,4 $\pm$ intervalo de confiança (IC) 6,2 anos, nove do sexo feminino e 13 do masculino, avaliados de janeiro de 2010 a janeiro de 2011. Todos apresentavam fratura em duas partes do colo cirúrgico do úmero classificadas como tipo II de Neer.² Foram submetidos a redução fechada e a fixação interna com HIMB e estabilidade angular (figs. 1 e 2).

Os pacientes foram submetidos a anestesia do tipo bloqueio regional, que complementou a anestesia geral, e colocados na posição de cadeira de praia. A incisão cutânea de aproximadamente 2 cm foi feita na região anterolateral do ombro, na projeção do tubérculo maior. Tanto o músculo deltoide como o manguito rotador foram divulsionados longitudinalmente. O ponto de entrada da haste encontra-se entre 8 e 9 mm medial na transição osso e cartilagem (centralizada na cabeça umeral na frente e no perfil) e a fresa inicial tem 9 mm de diâmetro (fig. 3).

Para facilitar a localização do ponto de entrada e a introdução do fio guia, frequentemente usamos um fio de Kirschner de 2,5 mm de diâmetro colocado de forma excêntrica, que permita a rotação interna e a adução do fragmento proximal e gera uma imagem de frente verdadeira e de perfil na fluoroscopia (fig. 4).

A correta posição do ponto de entrada faz com que a haste, após entrar no fragmento distal, reduza a fratura.

A haste deve ser introduzida até que sua extremidade proximal esteja por aproximadamente 4 mm para dentro da

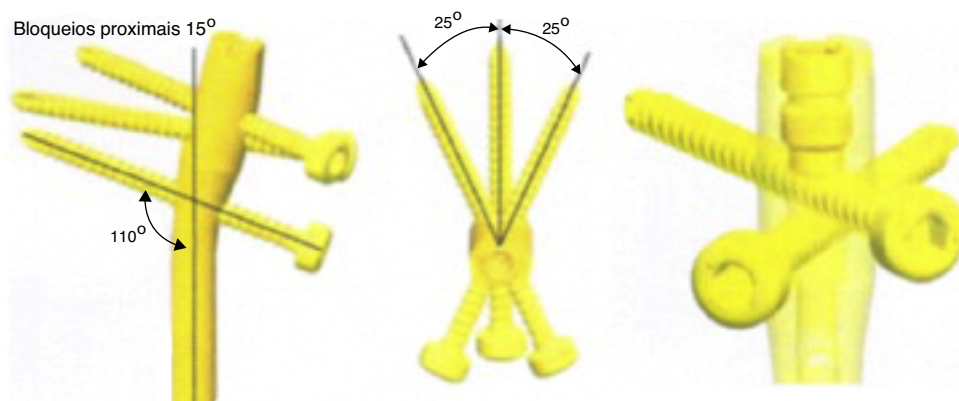


Figura 1 – Desenho esquemático da haste intramedular metafisária com bloqueios proximais e estabilidade angular.



Figura 2 – Haste intramedular metafisária com bloqueios proximais e estabilidade angular.

cortical. Direcionamos o guia aproximadamente 20° a 30° na direção anteroposterior (acompanhamos a retroversão da cabeça do úmero) para que os bloqueios proximais (inseridos de forma percutânea) fiquem no centro da cabeça. Certifica-se, por meio da fluoroscopia, de que a cânula está em contato com a cortical lateral do úmero, pois a medida do parafuso proximal (diâmetro 4 mm) é feita por meio da broca (diâmetro 3,2 mm) milimetrada.

A redução da fratura é conferida sob controle fluoroscópico (fig. 5). Na sequência insere-se a cânula para o bloqueio distal por meio do guia externo. A medida do tamanho do parafuso distal (diâmetro 4 mm) também é feita por meio da marcação da broca (diâmetro 3,2 mm) milimetrada.

Finalmente, coloca-se o parafuso de fechamento superior da haste (tampão), o qual trava os dois parafusos mais proximais um contra o outro. Dessa forma obtém-se



Figura 3 – Ponto de entrada da haste.

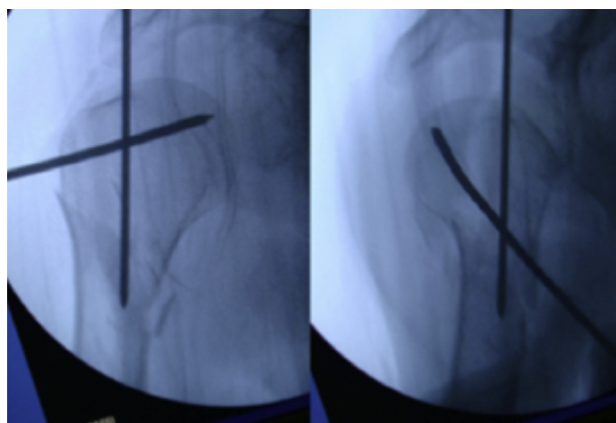


Figura 4 – Imagem fluoroscópica que demonstra fio de Kirschner com a redução da fratura e posicionamento do fio guia do implante.

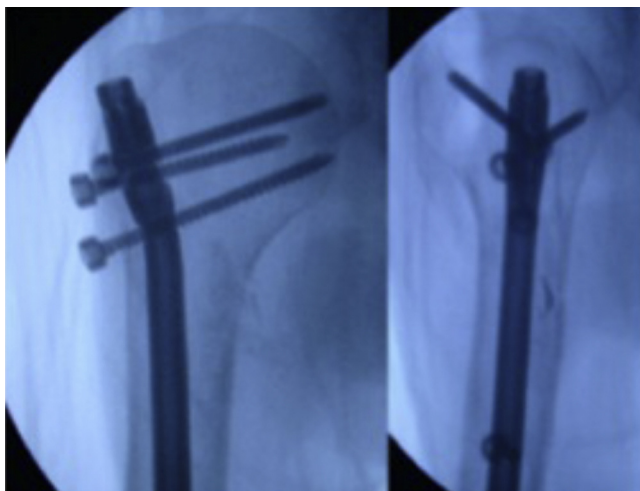


Figura 5 – Imagem fluoroscópica em AP e perfil com a redução da fratura, implante e bloqueios proximais.



Figura 6 – Imagem que demonstra avaliação do ombro esquerdo após 12 meses de tratamento.

estabilidade angular. A incisão no manguito é suturada com fio absorvível.

Fazem-se a sutura da pele e o curativo. O paciente é mantido com uma tipoia Velpeau por aproximadamente quatro semanas. No primeiro dia pós-operatório são orientados exercícios ativos para cotovelo, punho e mão, pendulares para o ombro e isométricos para o braço. Retirada dos pontos 10 a 14 dias depois, conforme condições adequadas sob exame clínico. São solicitadas radiografias para o controle da redução semanalmente até a consolidação.

Após quatro semanas, o paciente é encaminhado à fisioterapia, para ganho de arco de movimento e fortalecimento muscular do membro.

Todos os pacientes foram acompanhados no pós-cirúrgico por no mínimo 12 meses (fig. 6), conjuntamente com os controles radiográficos (fig. 7), e avaliados no fim desse período segundo o escore UCLA modificado¹⁴ (tabela 1).

Foram usados testes não paramétricos, teste de igualdade de duas proporções, testes de correlação, correlação de Spearman e teste de Mann-Whitney com análise descritiva

Tabela 1 – Sistema de pontuação da UCLA. Escala traduzida e adaptada para a língua portuguesa¹⁴

I – Dor

1) Presente todo o tempo e insuportável; faz uso de medicação regularmente	1
2) Presente todo o tempo, mas suportável; faz uso de medicação de vez em quando	2
3) Nenhuma ou pouca dor quando o braço está parado, ocorre durante trabalhos leves; faz uso de medicação regularmente	4
4) Ocorre apenas durante trabalhos pesados ou trabalhos específicos; faz uso de medicação de vez em quando	6
5) Dor leve e ocorre de vez em quando	8
6) Nenhuma	10

II – Função

1) Incapaz de usar o braço	1
2) Capaz de fazer apenas atividades leves	2
3) Capaz de fazer trabalhos domésticos leves ou a maioria dos trabalhos do dia a dia	4
4) Capaz de fazer a maioria dos trabalhos domésticos, inclusive compras, dirigir, pentear-se, vestir-se, despir-se e fechar o sutiã	6
5) Apresenta pouca dificuldade, capaz de fazer movimentos acima da altura do ombro	8
6) Atividades normais	10

Instruções para goniometria

O paciente deve se posicionar sentado com o membro ao lado do corpo e posição neutra.

O examinador deve instruí-lo a elevar o braço o máximo possível sem compensações.

O goniômetro será posicionado com braço proximal na linha média axilar do tórax e braço distal na linha médio lateral do úmero e o eixo, colocado próximo ao acrômio.

III – Flexão anterior ativa

1) 150° ou mais	5
2) 120 a 150°	4
3) 90 a 120°	3
4) 45 a 90°	2
5) 30 a 45°	1
6) Menos do que 30°	0

Instruções para o teste de força manual

O paciente deve se posicionar sentado com o membro ao lado do corpo e antebraço pronado. A seguir deve elevar o membro a 90°. O examinador deve instruí-lo a manter essa posição contra a resistência que será aplicada na porção distal do úmero (acima do cotovelo).

IV – Força de flexão anterior ativa

(teste de força manual)

1) Grau 5 (normal)	5
2) Grau 4 (boa)	4
3) Grau 3 (regular)	3
4) Grau 2 (fraco)	2
5) Grau 1 (contração muscular)	1
6) Grau 0 (ausência de contração)	0

V – Satisfação do paciente

1) Satisfeito e melhor	5
2) Insatisfeito e pior	0

Classificação da UCLA	Pontuação
Excelente	34-35
Bom	28-33
Razoável	21-27
Ruim	0-20

Tabela 2 – Todos pacientes com resultado UCLA, idade, sexo, TC (tempo de consolidação em semanas) e complicações

Grupo	UCLA	Idade	Sexo	TC (semanas)	Complicações
Excelente	35	23	F	9	Capsulite adesiva, bloqueio do SE Dor proximal eventual
	34	21	M	9	
	34	24	F	9	
	34	41	M	10	
	34	69	F	10	
	33	25	M	10	Pequeno retardo de consolidação Dor proximal eventual
	33	39	F	10	
	33	47	M	9	
	32	40	M	10	Dor proximal eventual Dor proximal eventual
	31	33	M	8	
Bom	31	49	F	8	Retardo de consolidação
	31	40	F	8	
	31	60	F	8	Dor proximal eventual Pequeno retardo de consolidação Fratura de alta energia
	31	29	M	10	
	30	62	M	10	
	29	21	M	8	
	29	48	M	10	
Razoável	28	58	F	9	Haste rasgou a cabeça
	26	47	M	11	
	25	28	M	9	
Ruim	25	65	F	10	
	19	41	M	Não	

completa para as variáveis. Foi avaliada a correlação entre tempo de consolidação, idade, sexo e o resultado funcional com o protocolo UCLA modificado,¹⁴ bem como as complicações em curto prazo e até 12 meses do tratamento.

Resultados

O tempo de consolidação (TC) médio foi de $9,26 \pm IC\ 0,94$ semana. Um caso (4,5%) não consolidou, evoluiu com perda da redução e foi reoperado com placa bloqueada. Não houve infecção. Cinco pacientes (22,7%) apresentaram leve dor eventual e um (4,5%) referiu dor de média intensidade associada a impacto subacromial do implante. Houve um caso (4,5%) de capsulite adesiva, que evoluiu bem ao tratamento clínico. O escore médio UCLA modificado¹⁴ foi de $30,4 \pm IC\ 3,9$ pontos após 12 meses, cinco casos (22,7%) com escore «excelente», 13 (59,1%) com «bom», três (13,6%) com «razoável» e um (4,5%) com «ruim» (tabelas 2-4).



Figura 7 – Radiografias em AP e perfil que evidenciam consolidação da fratura.

Tabela 3 – Descritiva completa para idade, UCLA e TC

Descritiva	Idade	UCLA	TC
Média	41,4	30,4	9,26
Mediana	40,5	31,0	9,0
Desvio padrão	14,9	3,9	0,94
CV	36%	13%	10%
Q1	28,3	29,0	9,0
Q3	48,8	33,0	10,0
Min	21	19	7,5
Max	69	35	11
N	22	22	21
IC	6,2	1,6	0,40

TC, tempo de consolidação em semanas; CV, coeficiente de variação; Q1, primeiro quartil (distribuição até 25% da amostra); Q3, terceiro quartil (distribuição até 75% da amostra); N, quantidade inclusa; IC, intervalo de confiança.

Tabela 4 – Distribuição para faixa de UCLA

Faixa UCLA	n	%	p-valor
Ruim	1	4,5%	< 0,001
Razoáveis	3	13,6%	0,002
Bons	13	59,1%	Ref.
Excelentes	5	22,7%	0,014

n, número da amostra; %, porcentagem do grupo; p-valor, valor do p.

Foi observado que não existe diferença estatisticamente significativa entre os sexos, tanto para idade e UCLA modificado¹⁴ quanto para TC (tabela 5, figs. 8 e 9).

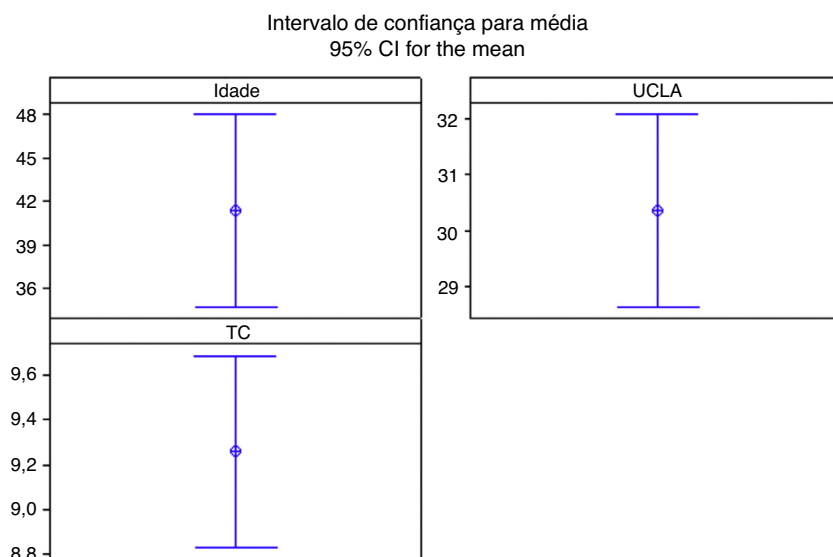
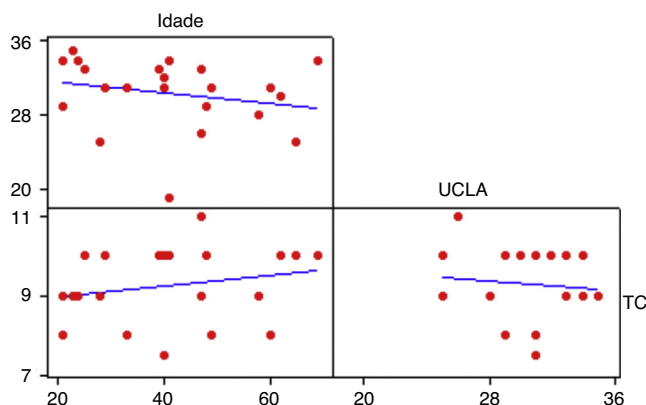
Discussão

A osteossíntese da fratura do colo cirúrgico do úmero tem uma grande diversidade de métodos e técnicas, entre os quais se

Tabela 5 – Comparação sexo, idade, UCLA¹⁴ e TC

Sexo	Idade		UCLA		TC	
	Feminino	Masculino	Feminino	Masculino	Feminino	Masculino
Média	47,4	37,2	31,3	29,7	8,9	9,5
Mediana	49,0	40,0	31,0	31,0	9,0	10,0
Desvio padrão	17,0	12,3	3,2	4,3	1,0	0,9
Q1	39,0	28,0	31,0	29,0	8,0	9,0
Q3	60,0	47,0	34,0	33,0	10,0	10,0
N	9	13	9	13	9	12
IC	11,1	6,7	2,1	2,3	0,6	0,5
P-valor	0,181		0,345		0,188	

TC, tempo de consolidação em semanas; Q1, primeiro quartil (distribuição até 25% da amostra); Q3, terceiro quartil (distribuição até 75% da amostra); n, número da amostra; IC, intervalo de confiança; p-valor, valor do p.

**Figura 8 – Intervalo de confiança para média de idade, UCLA e TC.****Figura 9 – Correlação entre idade, UCLA e TC.**

destaca a fixação com HIMB e a estabilidade angular, destinada a facilitar o ato cirúrgico.

Podemos encontrar uma enorme variedade de estudos que citam as vantagens e as desvantagens dos diversos métodos e implantes. Existem, porém, poucos autores que tratam das

vantagens da osteossíntese com emprego de HIMB e estabilidade angular.^{13,15,16}

A maioria dos autores concorda com o tratamento não operatório em fraturas da extremidade proximal do úmero sem desvio ou estáveis com mínimo desvio. Outros já descreveram a história natural das fraturas do úmero proximal.¹⁷ O tratamento não operatório não permite a mobilidade precoce.

O manejo cirúrgico é dificultado quando as fraturas ocorrem em pacientes idosos com osso osteoporótico, pobre estoque ósseo ou alto grau de cominuição e desvio. Lesão no suprimento sanguíneo pode resultar em osteonecrose. A proximidade da articulação do ombro e da lesão com o manguito rotador pode levar a severa rigidez e necessitar de um programa de reabilitação intensiva para aprimorar o retorno das funções.¹⁸

Não há evidências suficientes para determinar o melhor tratamento para fraturas do úmero proximal. Bandas de tensão requerem ampla exposição para redução e fixação e podem causar *gap* posteromedial e *cut out*.¹⁶ Fixação por sutura transóssea também necessita de grande exposição e pode não prover estabilidade suficiente. Pinagem transcutânea pode causar irritação na pele, infecção do trajeto e perda de redução

e necessita de boa habilidade cirúrgica.¹⁹ Fixação com placas e parafusos bloqueados é uma boa opção quando o osso é osteoporótico.²⁰ Entretanto, requer dissecação ampla de tecidos moles e eleva o risco de necrose avascular e o impacto subacromial.²¹

Em um estudo biomecânico feito com cadáveres, a fixação intramedular com estabilidade angular proximal mostrou ser menos estável rotacionalmente do que as placas de ângulo fixo, porém a estabilidade foi suficiente para permitir o seu uso clínico, em especial em fraturas do colo cirúrgico.^{15,21-23}

Como a lesão iatrogênica parece ser relevante na patogênese da necrose avascular da cabeça umeral, assim como o padrão da fratura, a redução fechada e a fixação intramedular associada são justificáveis.²⁴ Idade é um importante fator prognóstico com relação à não união, bem como a gravidade da fratura.²⁵

Outro problema é o desenvolvimento de osteoporose, que tem um grande impacto no terço proximal do úmero, já que a densidade mineral óssea da cabeça umeral representa apenas 65% da densidade da base da cabeça femoral.²⁶ Além disso, o úmero funciona livre da ação de cargas, o que pode piorar a desmineralização.

As possíveis complicações da cirurgia são: impacto subacromial da haste, lesão do manguito rotador, lesão nervosa (nervo axilar), pseudoartrose, consolidação viciosa e infecção superficial e profunda.^{24,26-28}

Recentemente, com o intuito de adicionar um recurso para o tratamento das fraturas do úmero proximal, foram projetadas diversas hastes com múltiplos parafusos de bloqueio, bem como houve refinamento de suas técnicas. Em fraturas com duas partes, resultado satisfatório pode ser obtido com placa bloqueada ou hastes intramedulares.²⁹

Esse método de redução e fixação tem as seguintes vantagens: permitir mobilidade precoce, não abrir o foco da fratura, não agredir o periósteo e as partes moles, conferir boa estabilidade e ter pouco sangramento. As desvantagens são custo elevado e necessidade do uso da fluoroscopia (irradiação).¹⁵

Conclusão

No grupo de pacientes avaliados, o tratamento das fraturas em duas partes do colo cirúrgico com HIMB e estabilidade angular demonstrou resultados funcionais satisfatórios e baixo índice de complicações, semelhantes aos encontrados na literatura.

Conflitos de interesse

Os autores declaram não haver conflitos de interesse.

REFERÊNCIAS

- Court-Brown CM, Garg A, McQueen MM. The epidemiology of proximal humeral fractures. *Acta Orthop Scand*. 2001;72(4):365-71.
- Neer CS 2nd. Displaced proximal humeral fractures. I. Classification and evaluation. *J Bone Joint Surg Am*. 1970;52(6):1077-89.
- Court-Brown CM, Cattermole H, McQueen MM. Impacted valgus fractures (B1.1) of the proximal humerus The results of non-operative treatment. *J Bone Joint Surg Br*. 2002;84(4):504-8.
- Court-Brown CM, Garg A, McQueen MM. The translated two-part fracture of the proximal humerus. Epidemiology and outcome in the older patient. *J Bone Joint Surg Br*. 2001;83(6):799-804.
- Court-Brown CM, McQueen MM. The impacted varus (A2.2) proximal humeral fracture: prediction of outcome and results of nonoperative treatment in 99 patients. *Acta Orthop Scand*. 2004;75(6):736-40.
- Baron JA, Barrett JA, Karagas MR. The epidemiology of peripheral fractures. *Bone*. 1996;18 3 Suppl:209S-13S.
- Bartlett CS 3rd, Hausman MR, Witschi TH. Gunshot wounds to the shoulder. *Orthop Clin North Am*. 1995;26(1):37-53.
- Lee SH, Dargent-Molina P, Bréart G. Epidemiologie de l'Osteoporose Study Risk factors for fractures of the proximal humerus: results from the Epidos prospective study. *J Bone Miner Res*. 2002;17(5):817-25.
- Nguyen TV, Center JR, Sambrook PN, Eisman JA. Risk factors for proximal humerus, forearm, and wrist fractures in elderly men and women: the Dubbo Osteoporosis Epidemiology Study. *Am J Epidemiol*. 2001;153(6):587-95.
- Nordqvist A, Petersson CJ. Shoulder injuries common in alcoholics An analysis of 413 injuries. *Acta Orthop Scand*. 1996;67(4):364-6.
- Tepass A, Blumenstock G, Weise K, Rolaufts B, Bahrs C. Current strategies for the treatment of proximal humeral fractures: an analysis of a survey carried out at 348 hospitals in Germany Austria, and Switzerland. *J Shoulder Elbow Surg*. 2013;22(1):e8-14.
- Cohen M, Amaral MV, Monteiro M, Brandão BL, Motta Filho GR. Osteossíntese das fraturas da extremidade proximal do úmero com sistema de placa de ângulo fixo com parafusos bloqueados: técnica e resultados. *Rev Bras Ortop*. 2009;4(2):106-11.
- Agel J, Jones CB, Sanzone AG, Camuso M, Henley MB. Treatment of proximal humeral fractures with Polarus nail fixation. *J Shoulder Elbow Surg*. 2004;13(2):191-5.
- Oku EC, Andrade AP, Stadiniky SP, Carrera EF, Tellini GG. Tradução e adaptação cultural do Modified-University of California at Los Angeles Shoulder Rating Scale para a língua portuguesa. *Rev Bras Reumatol*. 2006;46(4):246-52.
- Hessmann MH, Hansen WS, Krummenauer F, Pol TF, Rommens P. Locked plate fixation and intramedullary nailing for proximal humerus fractures: a biomechanical evaluation. *J Trauma*. 2005;58(6):1194-201.
- Lin J, Hou SM, Hang YS. Locked nailing for displaced surgical neck fractures of the humerus. *J Trauma*. 1998;45(6):1051-7.
- Rasmussen S, Hvass I, Dalsgaard J, Christensen BS, Holstad E. Displaced proximal humeral fractures: results of conservative treatment. *Injury*. 1992;23(1):41-3.
- Kumar V, Datir S, Venkateswaran B. Intramedullary nailing for displaced proximal humeral fractures. *J Orthop Surg (Hong Kong)*. 2010;18(3):324-7.
- Koval KJ, Blair B, Takei R, Kummer FJ, Zuckerman JD. Surgical neck fractures of the proximal humerus: a laboratory evaluation of ten fixation techniques. *J Trauma*. 1996;40(5):778-83.
- Hawkins RJ, Kiefer GN. Internal fixation techniques for proximal humeral fractures. *Clin Orthop Relat Res*. 1987;(223):77-85.
- Sturzenegger M, Fornaro E, Jakob RP. Results of surgical treatment of multifragmented fractures of the humeral head. *Arch Orthop Trauma Surg*. 1982;100(4):249-59.
- Füchtmeier B, May R, Fierlbeck J, Hammer J, Nerlich M. A comparative biomechanical analysis of implants for the

- stabilization of proximal humerus fractures. *Technol Health Care*. 2006;14(4-5):261-70.
23. Füchtmeier B, May R, Hente R, Maghsudi M, Völk M, Hammer J, et al. Proximal humerus fractures: a comparative biomechanical analysis of intra and extramedullary implants. *Arch Orthop Trauma Surg*. 2007;127(6):441-7.
 24. Riemer BL, D'Ambrosia R. The risk of injury to the axillary nerve, artery, and vein from proximal locking screws of humeral intramedullary nails. *Orthopedics*. 1992;15(6):697-9.
 25. Gradl G, Dietze A, Arndt D, Beck M, Gierer P, Börsch T, et al. Angular and sliding stable antegrade nailing (Targon PH) for the treatment of proximal humeral fractures. *Arch Orthop Trauma Surg*. 2007;127(10):937-44.
 26. Saitoh S, Nakatsuchi Y. Osteoporosis of the proximal humerus: comparison of bone-mineral density and mechanical strength with the proximal femur. *J Shoulder Elbow Surg*. 1993;2(2):78-84.
 27. Bernard J, Charalambides C, Aderinto J, Mok D. Early failure of intramedullary nailing for proximal humeral fractures. *Injury*. 2000;31(10):789-92.
 28. Blum J, Rommens PM. Proximal interlocking of humeral intramedullary nails and risk of axillary nerve injury. *Unfallchirurg*. 2002;105(1):9-13.
 29. Calvo E, de Miguel I, de la Cruz JJ, López-Martín N. Percutaneous fixation of displaced proximal humeral fractures: indications based on the correlation between clinical and radiographic results. *J Shoulder Elbow Surg*. 2007;16(6):774-81.