

VERTEBROPLASTIA PERCUTÂNEA

Opção de tratamento para a fratura vertebral osteoporótica

Nicandro Figueiredo¹, José Carlos Amaral Filho², Alexandre da Rocha Serra¹, Anibal M. Nogueira³, Victor C. Sano Garcia³, Fábio L Weissheimer⁴

RESUMO - A vertebroplastia percutânea (VP) é procedimento minimamente invasivo que visa tratar a dor local decorrente de fratura do tipo compressão da coluna vertebral. A VP está indicada para o alívio da dor grave e incapacitante da coluna vertebral, em pacientes com fraturas vertebrais decorrentes de osteoporose, metástases (osteolíticas), mieloma e hemangioma agressivo. Analisamos os resultados da VP realizadas em 18 vértebras de 11 pacientes. Houve melhora acentuada da dor em 90,9% dos casos. O retorno às atividades habituais ocorreu em 77,8% até o primeiro mês. De acordo com os dados da literatura e em nossa casuística, a VP se mostrou opção terapêutica promissora nos casos selecionados.

PALAVRAS-CHAVE: vertebroplastia percutânea, fratura vertebral osteoporótica, metástase vertebral.

Percutaneous vertebroplasty: option of treatment for osteoporotic vertebral fracture

ABSTRACT - Percutaneous vertebroplasty (PV) is a minimally invasive procedure used to treat focal pain from compressive vertebral fracture. The PV is indicated for the treatment of debilitating vertebral pain from osteoporotic vertebral fractures, metastatic disease (osteolytic), myeloma and hemangioma. We analyzed the results of PV at 18 vertebrae of 11 patients. In 90.9% there was significant pain relief. The return to their usual activities at the first month occurred at 77.8% of the patients. According to the literature review and our study, PV is a promising therapy for selected cases.

KEY WORDS: percutaneous vertebroplasty, osteoporotic vertebral fracture, spinal metastases.

Estima-se que mais de 200 milhões de mulheres no mundo tenham osteoporose¹. Nos Estados Unidos da América (EUA), a osteoporose é a maior ameaça para a saúde de 28 milhões de pessoas, na proporção de quatro mulheres para um homem; deste total, 16 milhões continuam sem diagnóstico. De 4 milhões de doentes diagnosticados, apenas 1 em cada 5 recebe assistência terapêutica adequada². Nos EUA, atualmente, morrem cerca de 37500 pessoas por ano decorrentes de complicações posteriores às fraturas osteoporóticas. Em 1993, o custo total com osteoporose foi estimado entre 10 e 13,8 bilhões de dólares nos EUA e, de 1,3 bilhões de dólares no Canadá^{3,4}.

Os fatores de risco estabelecidos para osteoporose e, conseqüentemente, para as fraturas ósseas, identificados a partir de estudos populacionais de caso-controle e prospectivos são: história familiar de

osteoporose, história prévia de fratura, tabagismo, baixo consumo de cálcio, baixo consumo de leite, baixo peso corporal, uso de sedativos de longa duração e sedentarismo⁵. A maioria absoluta das fraturas por osteoporose ocorre nos idosos do sexo feminino, principalmente após os 70 anos^{6,7}. As fraturas ocorrem com maior freqüência na coluna vertebral, punho e fêmur, provocando grande impacto social⁸. Como muitas fraturas vertebrais são assintomáticas, os cálculos de freqüência e morbidade são subestimados⁹. Segundo estudos recentes, 27% das mulheres com mais de 65 anos têm alguma fratura vertebral; cerca de 33% seriam devido a quedas; entre 10 e 20% ocorreriam ao levantar um peso; por volta de 50% seriam espontâneas¹⁰. Estima-se que cerca de 30% das fraturas osteoporóticas ocorram na coluna, sendo que entre as idades de 60 e 90 anos, a

¹Neurocirurgião - Universidade de Cuiabá, Cuiabá MT, Brasil; ²Reumatologista - Universidade Federal de Mato Grosso, Cuiabá MT, Brasil; ³Interno de Medicina - Universidade de Cuiabá; ⁴Interno de Medicina - Universidade Federal de Mato Grosso

Recebido 4 Novembro 2002, recebido na forma final 19 Fevereiro 2003. Aceito 12 Março 2003.

Dr. Nicandro Figueiredo - Rua Thogo Pereira, 255/204 - 78020-670 Cuiabá MT - Brasil. Fone: 65 624 3222. E-mail: nicandro2@yahoo.com

incidência aumenta 10 vezes nos homens e 20 vezes nas mulheres¹¹.

O diagnóstico das fraturas vertebrais é realizado primeiramente através de radiografias da coluna vertebral; caso haja diminuição da altura de um corpo vertebral maior que 50%, está indicada avaliação por tomografia computadorizada. Se houver déficit neurológico, deve-se realizar ressonância magnética para avaliação dos elementos neurais¹⁰. A maioria das fraturas vertebrais é estável e, portanto, não necessita de intervenção cirúrgica¹². Todavia, naqueles pacientes com estenose do canal vertebral, déficit neurológico, instabilidade, progressão da deformidade ou dor intensa e refratária, é necessário considerar a intervenção, seja através da cirurgia convencional, seja através da vertebroplastia percutânea, dependendo do caso¹³.

A vertebroplastia percutânea (VP) vem sendo bastante difundida nos principais centros especializados nos últimos anos, mostrando-se prática muito eficaz no tratamento da dor secundária à fratura vertebral tipo compressão, nos casos de osteoporose e lesões osteolíticas, reforçando o osso enfraquecido e aliviando significativamente a dor local. O reforço ósseo com cimento acrílico vem sendo utilizado desde 1960, quando Charnley introduziu o uso de polimetilmetacrilato (PMMA) para as cirurgias de quadril¹⁴. Em 1969, Vidal, na França, relatou o uso de PMMA para a estabilização de fraturas patológicas após cirurgias para excisão de tumores ósseos¹⁵, estendendo-se o seu uso posteriormente para as fratu-

ras patológicas vertebrais. O uso percutâneo do PMMA para reforço vertebral, chamada vertebroplastia percutânea, foi realizada pela primeira vez em 1984 por Deramond, em Amiens, na França, e publicada em 1987, por Galibert et al.¹⁶. Uma paciente de 50 anos, com dor cervical crônica associada a hemangioma de C2, foi submetida à VP guiada com fluoroscopia, obtendo alívio da dor. Desde então, a VP foi amplamente difundida na Europa para o tratamento de outras lesões vertebrais que levam ao enfraquecimento do corpo vertebral, como nas fraturas osteoporóticas e neoplasias osteolíticas¹⁷⁻²². Nos EUA, a introdução da VP para o tratamento da dor decorrente de fratura vertebral foi realizada na Virgínia, em 1993, e publicada em 1997, por Jensen et al.¹³. Desde então, esta técnica começou a se popularizar nos EUA²³⁻²⁶.

Registramos nossa experiência com a VP.

MÉTODO

Realizamos estudo retrospectivo de um grupo de pacientes submetidos à vertebroplastia percutânea (VP) em nosso serviço, entre Julho de 2000 e maio de 2002. Foram realizadas VP em 18 vértebras de 11 pacientes com dor grave e incapacitante da coluna vertebral, secundária a fraturas compressivas de etiologias diversas e refratárias ao tratamento conservador. Todos eram usuários crônicos de analgésicos, sem contraindicações relativas ou absolutas, que após consentimento por escrito, autorizaram o procedimento e o acompanhamento pós-operatório com a equipe de pesquisadores (Tabela 1 e Fig 1A).

O procedimento foi indicado e realizado conforme os critérios e técnicas cirúrgicas adotadas pelo Serviço de Ne-

Tabela 1. Identificação, características clínicas e sócio-demográficas dos pacientes.

Nome	Níveis	Nº de acessos*	Etiologia	Idade / Sexo
AVD	T11	2	Osteoporose	80 anos F
LG	T4, T6	2	Osteoporose	78 anos F
JMT	T11	2	Osteoporose	81 anos F
TD	L1, L2	4	Osteoporose	49 anos F
RON	T11, T12, L1	6	Osteoporose	76 anos F
TB	T8, T11, L1	6	Osteoporose	71 anos F
IA	T11	1	Osteoporose	62 anos F
MD	T12	2	Osteoporose	60 anos F
BG	T 7	2	Adenocarcinoma metastático †	78 anos M
GGH	L3	2	Sarcoma de Ewing metastático	15 anos M
UCMF	T10, T11	4	Hemangioma + osteoporose	57 anos F

* No. de acessos, número de vias utilizadas para as infusões do cimento. (Ex: 2 acessos, significa que a injeção do cimento foi realizada via bi-pedicular); † paciente obteve melhora completa da dorsalgia após a VP, mas faleceu após 1 semana em decorrência de complicações do carcinoma.

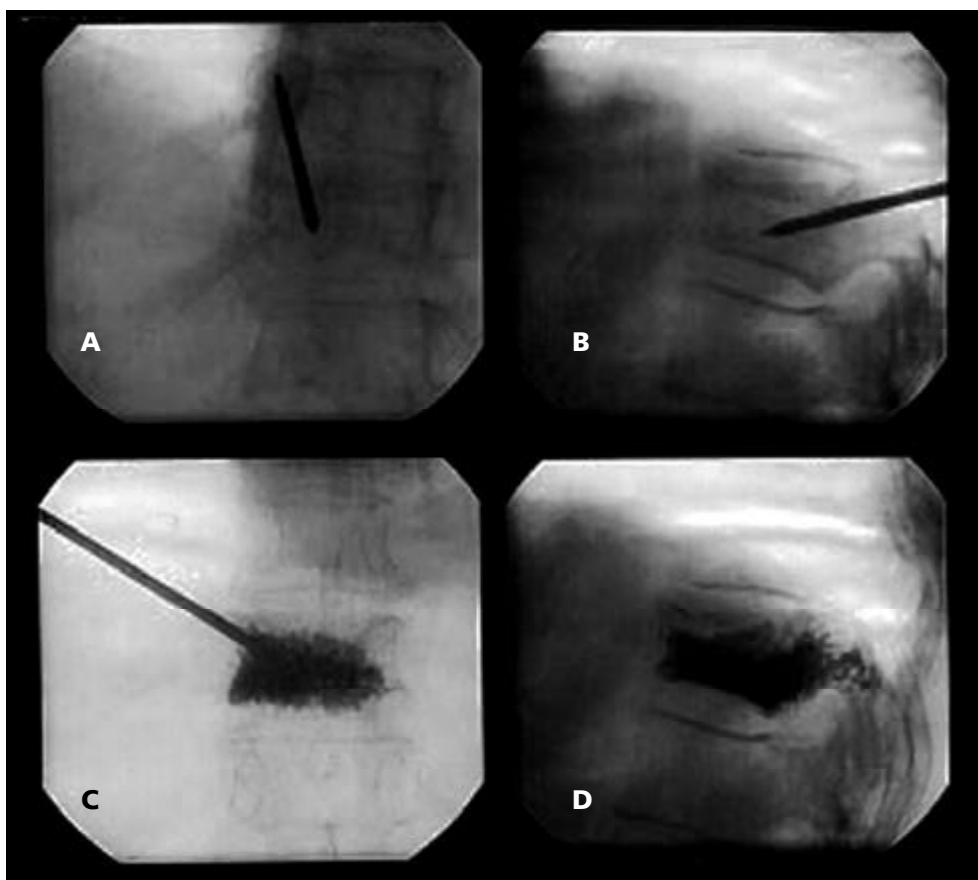


Fig 1. Fotos de Raio X da coluna vertebral. Paciente de 81 anos, sexo feminino, com dor local severa em decorrência de fratura osteoporótica compressiva de T12, cuja a dor remitiu completamente logo após o procedimento. A. Foto de Rx da coluna em AP, com a ponta do trocáter no corpo de T12, antes da injeção do cimento para a VP. B. Foto de Rx da coluna em Perfil, com a ponta do trocáter no corpo de T12, antes da injeção do cimento para a VP. C. Foto de Rx da coluna em AP, com a ponta do trocáter no corpo de T12, após a injeção do cimento para a VP. D Foto de Rx da coluna em Perfil, após a VP em T12.

uroradiologia Intervencionista do Hospital Johns Hopkins (Baltimore - EUA). A VP foi realizada sob anestesia local, com auxílio de fluoroscopia de alta resolução, e injeção de cimento (metil-metacrilato) em forma semi-líquida através de um trocáter pela via percutânea, para dentro do corpo vertebral acometido (Tabela 2). O questionário foi aplicado no pré-operatório e no pós-operatório tardio (média de 6 meses) em entrevista domiciliar.

RESULTADOS

Do total de 18 níveis (variando de T4 a L3) acometidos por fraturas compressivas da coluna vertebral em que foram realizadas VP, 88,8 % apresentavam osteoporose como causa etiológica e 11,2 % metástases ósseas. A melhora do quadro algíco foi relatada como acentuada em 90,9% dos pacientes e moderada em 9,1%. A deambulação e mobilidade melhoraram em 100% dos entrevistados. Todos os pacientes referiram melhora de sua qualidade de vida após a realização da VP. O retorno às atividades ocor-

reu em 100% dos casos, 23,3% em até sete dias, 54,5% em até um mês e 18,2% após um mês da realização da VP.

Após o procedimento, 18,2% dos pacientes permaneceram fazendo uso ocasional de analgésicos (AINEs) e 81,8% não necessitaram mais do uso de nenhum tipo de analgesia para controle da dor nos níveis em que se realizaram as VP. Todos os pacientes se submetteriam novamente ao procedimento, caso fosse necessário (Fig 1). Os incidentes e complicações não existiram neste grupo submetido à VP, todavia estes podem ocorrer relacionados ao acesso percutâneo, ao estado do paciente e à injeção do PMMA.

Adotamos como resultado positivo do tratamento pela VP o critério "melhora da dor" e comparamos nossos resultados com o estudo recentemente realizado por Amar e col.²⁶, no qual se obteve 63 % de positividade. Para esta comparação, utilizamos o de

Tabela 2. Rotina para a Vertebroplastia Percutânea

Avaliação inicial:

avaliação clínica geral e neurológica, seguida de exame de imagem, como: Rx, TC ou RM da coluna.

Indicação:

lesões de corpo vertebral levando à dor local persistente e severa em decorrência de: a) Fratura osteoporótica de corpo vertebral; b) Neoplasias osteolíticas, como metástase e mieloma múltiplo; c) Hemangioma agressivo.

Contra-indicação:

Absoluta: a) Coagulopatias; b) Infecção ativa da coluna ou região para-vertebral.

Relativa: a) Destruição extensa de corpo vertebral (especialmente da parede posterior); b) Colapso vertebral acentuado (altura do corpo vertebral reduzida para menos de 1/3 do normal); b) Déficit neurológico decorrente de compressão local.

Conduta:

Sala de angiografia em condições de procedimento estéril; a) Dieta zero 6 horas antes; b) Paciente em decúbito prono (tóraco-lombar) ou supino (cervical); c) Monitorização da PA, FC, e oximetria de pulso; d) Antibiótico profilático; e) Sedação ou anestesia geral; f) Palpação da coluna vertebral sob controle fluoroscópico (biplanar), para confirmar se há correspondência do local da dor com a vértebra lesada.

Técnica na região cervical (ântero-lateral)

Palpação e afastamento dos grandes vasos lateralmente, e da traqueia-esôfago medialmente. Anestesia local da pele e subcutâneo, medial ao músculo esternocleidomastóide, até o periósteo da parede anterior do corpo vertebral.

Pequena incisão da pele.

Introdução do trocáter (14-15 gauge por 7cm de comprimento) visando a porção anterior do corpo vertebral (em AP e lateral), ou de acordo com a lesão.

Técnica na região torácica e lombar (transpedicular e/ou póstero-lateral)

Anestesia local da pele e subcutâneo na região para-vertebral e trajeto do trocáter até o periósteo da vértebra.

Pequena incisão da pele.

Introdução do trocáter (10 gauge por 10-15cm de comprimento) visando a porção súpero-lateral do pedículo (em AP/oblíquo) ou póstero-lateral (mais usado na região lombar), em direção ínfero-medial do mesmo, e após chegar ao corpo vertebral (vista lateral), pode se direcionar a ponta do trocáter até a linha média (em AP), e até a intersecção do 1/3 anterior e médio do corpo vertebral (vista lateral), ou de acordo com a lesão.

Infusão manual do cimento * no corpo vertebral com seringas de 1ml (total de 2 a 10ml).

Realiza-se o procedimento **, sob rigorosa observação clínica e fluoroscópica.

Após o procedimento, o paciente deve permanecer cerca de 20 minutos sem mover-se, e depois é transferido para a recuperação, devendo ficar em repouso absoluto (decúbito dorsal) por 3 horas, podendo elevar a cabeceira até 30°, se necessário.

Alta hospitalar após cerca de 6 a 12 horas, podendo usar imobilização externa por 1 semana.

Nas 24 horas seguintes, o paciente não deverá dirigir, ingerir etanol ou trabalhar. Recomenda-se manter o uso de sua medicação habitual, e retomar gradativamente as suas atividades regulares à partir do segundo dia.

*Preparo do cimento radiopaco (no momento da injeção): 1) Pulveriza-se o Sulfato de Bário através de uma peneira. 2) Mistura-se o pó de Bário + PMMA a cerca de 35%. 3) Adiciona-se o Metilmetacrilato (MMA) líquido à mistura acima. 4) Mistura-se até atingir uma consistência líquido-pastosa. 5) Aspira-se o produto numa seringa de 20ml, e transfere-se para seringas de 1ml através da abertura posterior (cerca de 6 a 8 seringas por injeção). **Interrupção ou modificação da injeção do cimento: 1) Quando se obtém o preenchimento do corpo ou hemicorpo vertebral correspondente com o cimento ou se atinge a região posterior do corpo vertebral. 2) Quando ocorre extravasamento do material para uma veia, espaço discal, forame intervertebral, canal vertebral ou espaço para-vertebral.

Cochrane com a correção de Yates com $\alpha = 0,05$; obtivemos $p = 0,4382$.

DISCUSSÃO

Amar e col.²⁶ publicaram recentemente casuística de 97 pacientes com fraturas osteoporóticas e neoplasias osteolíticas submetidos à VP. A média de idade era 76 anos. O uso de analgésicos e narcóticos foi reduzido em 63% dos pacientes, aumentou em 7% e se manteve inalterado em 30%. A deambulação e mobilidade melhoraram em 51%, pioraram em 1% e se mantiveram inalteradas em 48%. Cerca

de 74% dos pacientes referiram melhora de sua qualidade de vida, 26% não perceberam melhora; nenhum referiu piora do seu quadro. Um paciente com pneumonia prévia faleceu após o procedimento e um faleceu de acidente vascular encefálico semanas após a VP. Três pacientes apresentaram embolia pulmonar pelo cimento, todavia sem repercussão clínica. O extravasamento de PMMA para o neuroforame ocorreu em 3 pacientes e para o espaço peridural em 4. Não houve déficit neurológico em nenhum deles, tendo sido tratados clinicamente. Houve 1 caso de laceração dural pelo trocáter, a qual se

fechou espontaneamente. Não houve nenhuma complicação tardia relacionada à VP. Os incidentes e complicações são pouco freqüentes com a VP, todavia estes podem estar relacionados ao acesso percutâneo, ao estado do paciente, e à injeção do PMMA.

Os incidentes relacionados ao acesso podem ocorrer de acordo com a região. Na cervical, deve-se afastar manualmente as estruturas ântero-laterais, a fim de evitar punção de carótida ou jugular. Na região torácica, deve-se evitar o acesso pósterolateral, devido ao risco de perfuração pleural. Através do acesso transpedicular, deve haver cuidado para não romper ou penetrar a cortical do pedículo medialmente, para com a finalidade de evitar lesão neural direta ou por extravasamento do PMMA.

O extravasamento do PMMA é um dos principais riscos desta técnica, especialmente quando o cimento é injetado em estado muito líquido, sob pressão, ou em casos onde há lesão da cortical. Quando este extravasamento ocorre para o espaço tecidual paravertebral ou para o disco adjacente, normalmente não há nenhuma repercussão clínica. Quando o PMMA penetra em veias peri-vertebrais, a injeção deve ser suspensa imediatamente, para que o cimento se solidifique na luz do vaso e não siga o seu trajeto venoso, causando embolia pulmonar²⁷. A penetração de veias epidurais e foraminais pelo PMMA também deve ser evitada, para que não ocorra compressão neural. O cimento também pode extravasar diretamente para o forame ou canal vertebral.

Podem ocorrer complicações relacionadas ao estado clínico do paciente, como pneumonia, trombose venosa profunda, tromboembolismo pulmonar, ou conseqüente à própria evolução da doença, como nos casos de malignidade. O risco de complicações é baixo nos casos de angioma (2 a 5%) e de osteoporose (1 a 3%), sendo mais comum nos pacientes com tumores malignos (10%), em decorrência da maior destruição óssea associada²².

Recentemente surgiu uma variação da VP, a "Kyphoplasty" (Kyphon, Inc., Santa Clara, CA - EUA), que visa restaurar a altura da vértebra e reverter a cifose. Nesta técnica, introduz-se um trocáter com um balão na ponta. Infla-se o balão criando um espaço no corpo fraturado, e aumentando a altura da vértebra achatada. Retira-se o balão e injeta-se o PMMA no espaço criado, sob mínima pressão. Embora seja técnica atraente, ainda não há evidência clínica suficiente que comprove sua eficácia, ou mesmo vantagem significativa em relação à VP, especialmente se considerarmos o aumento da complexidade e do custo do procedimento^{26,28}.

O completo preenchimento do corpo vertebral por injeção de PMMA não deve ser tentado rotineiramente, pois isto causa aumento significativo do risco de extravasamento deste cimento, sem melhora proporcional da dor¹⁹. Em decorrência da freqüente necessidade da injeção bilateral e do risco de extravasamento do PMMA para as veias na periferia do corpo através da injeção com o trocáter de abertura na extremidade, Heini e col.³¹ desenvolveram um trocáter com abertura lateral próxima à ponta, permitindo injeções mais mediais do cimento e melhor preenchimento da vértebra através de injeções unilaterais.

A VP tem se mostrado técnica muito eficaz para o tratamento da dor decorrente das lesões líticas vertebrais¹⁸⁻²⁷. A melhora da dor ocorre desde horas a dias após a VP, em média após 24 horas^{20,22}, com alívio da dor e consolidação do corpo vertebral em cerca de 90% dos casos de fratura osteoporótica³⁰ e hemangioma³¹, e aproximadamente 75% dos casos de metástase^{18,21}.

Em nossa casuística, observamos melhora acentuada da dor em cerca de 90,9% dos casos, e moderada em 9,1%. O retorno às atividades ocorreu em 23,3% na primeira semana e em mais 54,5% dos pacientes até o fim do primeiro mês. Cerca de 18,2% dos pacientes fazem uso habitual de analgésicos para a dor após a VP, e 81,8% ou não o fazem ou isto ocorre muito raramente. Entretanto, o sucesso deste procedimento depende do emprego cuidadoso da técnica e principalmente da seleção adequada dos pacientes.

Agradecimentos - Agradecemos ao Prof. Dr. Cor Jesus Fontes pela orientação na estatística, a Joise Wottrich pelo auxílio na redação do texto e a Sebastião Bueno - Biosíntese - MT, pelo fornecimento e preparo do material para os procedimentos.

REFERÊNCIAS

1. Cooper C, Campion G, Melton LJ. Hip fractures in the elderly: a worldwide projection. *Osteoporosis Int* 1992;2:285-289.
2. Giovenell A J. Guest editors note: First Annual Symposium on Curriculum Development in Osteoporosis. *Drug Information J* 1997;31:265-267.
3. Fitzsimmons A. Physical rehabilitation of the osteoporotic patient. *Drug Information J* 1997;31:307-309.
4. Ray NF, Chan JK, Thamer M, Melton LJ 3rd. Medical expenditures for the treatment of osteoporotic fractures in the United States in 1995: report from the National Osteoporosis Foundation. *J Bone Mineral Res* 1997;359:1929-1936.
5. Wasnich R. The value of risk factors for prediction of fracture risk. Hong-Kong: Proceedings of the 4th International Conference on Osteoporosis, 1993:29-30.
6. Riggs BL, Wahner HW, Dunn WL, Mazess RB, Offord KP. Differential changes in bone mineral density of the appendicular and axial skeleton with aging. *J Clin Invest* 1981;67:328-335.
7. Melton LJ III. Epidemiology of fractures. In Riggs BL, Melton LJ III (eds). *Osteoporosis: etiology, diagnosis, and management*. New York: Raven Press 1988: 11-13:133-154.

8. Szejnfeld V L. Osteoporose: diagnóstico e tratamento. São Paulo: Sarvier, 2000:63-73.
9. Kanis JA, McCloskey EV. Epidemiology of vertebral osteoporosis. *Bone* 1992;13(Suppl.2):S1-S10.
10. Boden SD. Osteoporosis of the spine: operative and non-operative treatments. Anaheim. American Academy of Orthopaedic Surgeons 66th Annual Meeting, 1999.
11. Melton LJ III, Kan SH, Frye MA, Wahner HW, O'Fallon WM, Riggs BL. Epidemiology of vertebral fractures in women. *Am J Epidemiol* 1989;129:1000-1011.
12. Lane JM, Girardi F, Parvataneni H, et al. Preliminary outcomes of the first 226 consecutive kyphoplasties for the fixation of painful osteoporotic vertebral compression fractures. Chicago: World Congress on Osteoporosis, 2000.
13. Jensen ME, Evans AJ, Mathis JM, Kallmes DF, Cloft HJ, Dion JE. Percutaneous polymethylmethacrylate vertebroplasty in the treatment of osteoporotic vertebral body compression fractures: technical aspects. *Am J Neuroradiol* 1997;18:1897-1904.
14. Charnley J. Anchorage of the femoral head prosthesis to the shaft of the femur. *J Bone Joint Surg* 1960;42:28-30.
15. Vidal I, Mimran R, Alliew Y, Jamme M, Goalard G. Plastic de comblement par methacrylate de methyl traitement de certaines tumeurs osseuses benignes. *Montpeliers* 1969;15:116.
16. Galibert P, Deramond H, Rosat P, Le Gars D. Note préliminaire sur le traitement des angiomas vertébraux par vertébroplastie acrylique percutanée. *Neurochirurgie* 1987;33:166-168.
17. Bascoulergue Y, Dusquenel J, Leclercq R, et al. Percutaneous injection of methylmethacrylate in the vertebral body for the treatment of various diseases: percutaneous vertebroplasty. *Radiology* 1988;169:372.
18. Kaemmerlen P, Thiesse P, Bouvard H, Biron P, Mornex F, Jonas P. Vertébroplastie percutanée dans le traitement des métastases: technique et résultats. *J Radiol* 1989;70:557-562.
19. Cotten A, Dewatre F, Cortet B, et al. Percutaneous vertebroplasty for osteolytic metastases and myeloma: effects of the percentage of lesion filling and the leakage of methylmethacrylate at clinical follow-up. *Radiology* 1996;200:525-530.
20. Cotten A, Boutry N, Cortet, et al. Percutaneous vertebroplasty: state of the art. *Radiographics* 1998;18:311-320.
21. Weill A, Chiras J, Simon J, Rose M, Sola-Martinez T, Enkaoua E. Spinal metastases: indications for and results of percutaneous injection of acrylic surgical cement. *Radiology* 1996;199:241-247.
22. Deramond H, Depriester C, Galibert P, Le Gars D. Percutaneous vertebroplasty with polymethylmethacrylate: technique, indications, and results. *Radiol Clin N Am* 1998;36:533-546.
23. Barr JD, Barr MS, Lemley TJ, McCann RM. Percutaneous vertebroplasty for pain relief and spinal stabilization. *Spine* 1999;25:923-928.
24. Mathis JM, Eckel TS, Belkoff SM, Deramond H. Percutaneous vertebroplasty: a therapeutic option for pain associated with vertebral compression fracture. *J B Musc Rehabil* 1999;13:11-17.
25. Murphy KJ. Vertebroplasty: a simple solution to a difficult problem. Johns Hopkins Hospital, Baltimore, *in press*.
26. Amar AP, Larsen DW, Esnaashari N, et al. Percutaneous transpedicular polymethylmethacrylate vertebroplasty for the treatment of spinal compression fractures. *Neurosurgery* 2001, 49:1105-1113.
27. Padovani B, Kasriel O, Brunner P, Peretti-Viton P. Pulmonary embolism caused by acrylic cement: a rare complication of percutaneous vertebroplasty. *Am J Neuroradiol* 1999;20:375-377.
28. Belkoff SM, Mathis JM, Fenton DC, Scribner RM, Reiley ME, Talmadge K. An ex-vivo biomechanical evaluation of an inflatable bone tamp used in the treatment of compression fracture. *Spine* 2001;26:151-156.
29. Deramond H, Galibert P, Debussche C. Vertebroplasty. *Neuroradiology* 1991; 33(Suppl):177-178.
30. Deramond H, Darrason R, Galibert P. Percutaneous vertebroplasty with acrylic cement in the treatment of aggressive spinal angiomas. *Rachis* 1989;1:143-153.
31. Heini PF, Allred D. The use of a side opening injection cannula in vertebroplasty. *Spine* 2002;1:105-109.