

Linee guida per il miglioramento della qualità nella vertebroplastica percutanea

Da: Quality assurance guidelines for percutaneous vertebroplasty. Gangi A, Sabharwal T, Irani F G, Buy X, Morales J P, Adam A. CIRSE guidelines quality improvement. (www.cirse.com)

Traduzione italiana a cura del Dott. Mario D'Amico; revisione italiana a cura del Dott. Antonio Basile

Introduzione

La frattura vertebrale da compressione (FVC) rappresenta una grave ed importante causa di mal di schiena, ed influenza negativamente la qualità della vita, la funzione fisica, le performance psicosociali, la salute mentale e la sopravvivenza di chi ne è affetto [1, 2]. Essa riconosce diverse eziologie, tra le quali l'osteoporosi, la localizzazione neoplastica vertebrale (mieloma, metastasi, linfoma, emangioma) e l'osteonecrosi. Negli Stati Uniti si verificano più di 700.000 FVC osteoporotiche all'anno [3], mentre non ci sono dati disponibili sull'incidenza nell'Unione Europea.

Il rischio che si verifichi una FVC durante il corso della vita è del 16% per le donne e del 5% per gli uomini e si prevede che l'incidenza aumenti di quattro volte in tutto il mondo nei prossimi 50 anni [3]. I pazienti con FVC sono inoltre esposti ad un rischio di morte del 23% superiore rispetto ai pazienti di pari età senza FVC. Questo dato è principalmente correlato alla compromissione della funzione polmonare secondaria a fratture toraciche e lombari [4, 5].

Indipendentemente dall'eziologia, il trattamento è stato per lungo tempo in gran parte conservativo, mediante riposo a letto, analgesici narcotici, bifosfonati e supporti esterni di sostegno. La vertebroplastica percutanea (VP) è una tecnica mini-invasiva in grado di stabilizzare una vertebra fratturata dolorosa mediante iniezione percutanea, sotto guida imaging, di cemento polimetilmetacrilato (PMMA).

Descritta originariamente da Deramond et al. nel 1987[6], per il trattamento di un emangioma vertebrale aggressivo, tale tecnica è diventata col tempo una terapia routinaria delle FVC.

Definizione

La FVC consiste nella riduzione in altezza nel singolo corpo vertebrale del 20% o di 4 millimetri [7].

La VP è una procedura terapeutica, sotto guida imaging, che prevede l'iniezione di cemento radiopaco in un corpo vertebrale parzialmente collassato, nel tentativo di alleviare il dolore e fornire stabilità.

Indicazioni (8-37)

- FVC osteoporotica, dolorosa, refrattaria al trattamento medico. Il fallimento della terapia medica è definito come un minimo o assente sollievo dal dolore dopo somministrazione di analgesici per 3 settimane o il raggiungimento di un adeguato sollievo dal dolore solo con narcotici a dosaggi che inducono eccessiva ed intollerabile sedazione, confusione o costipazione [24].
- Dolore vertebrale secondario a neoplasie ossee primitive come emangiomi e tumori a cellule giganti [25, 26]. Negli emangiomi il trattamento è volto al sollievo dal dolore, al rafforzamento dell'osso e alla devascularizzazione. La VP in tali casi può essere utilizzata come unica terapia o in combinazione con la scleroterapia, soprattutto nei casi di estensione epidurale che causano compressione del midollo spinale [27, 28]
- Dolore vertebrale con ampia osteolisi dovuta a infiltrazione maligna da mieloma multiplo, linfoma o metastasi [10, 12, 29-35]. Poiché la VP ha il solo obiettivo di trattare il dolore e consolidare l'osso portante, il management generale della neoplasia necessita di altri trattamenti oncologici combinati.
- Frattura dolorosa associata con osteonecrosi (malattia di Kummel) [36].
- Condizioni in cui è richiesto il rinforzo del corpo vertebrale o dei peduncoli prima di una procedura di stabilizzazione chirurgica posteriore [37]
- Frattura traumatica cronica in un osso normale senza fusione dei frammenti di frattura o con rimaneggiamento cistico.

Controindicazioni

Assolute:

- Frattura da compressione del corpo vertebrale asintomatica.
- Miglioramento della sintomatologia con il trattamento medico.

- Osteomielite, discite o infezione sistemica attiva.
- Coagulopatia non correggibile.
- Allergia al cemento osseo o ad agenti opacizzanti radiopachi.
- Profilassi in pazienti osteoporotici.

Relative:

- Dolore radicolare.
- Estensione del tumore nel canale vertebrale o compressione del midollo.
- Frattura del muro posteriore - aumento del rischio di leak di cemento.
- Crollo dell'altezza del corpo vertebrale >70% in relazione a difficoltà tecniche nel posizionamento dell'ago.
- Stenosi del canale spinale - retropulsione asintomatica di un frammento fratturato che causa significativa compromissione del canale vertebrale.
- Presenza di più di cinque metastasi o metastasi diffuse.
- Mancanza di supporto chirurgico e di strutture di monitoraggio post-procedura[38].

Selezione dei pazienti

La selezione dei pazienti da sottoporre a VP deve scaturire dal consenso di un team multidisciplinare costituito da un radiologo, da un chirurgo vertebrale e dal medico di riferimento (reumatologo o oncologo); il team deve altresì garantire un'adeguata terapia adiuvante e il follow-up clinico[39]. L'analisi dettagliata della storia clinica e l'esecuzione di un esame fisico, con particolare attenzione ai segni e sintomi neurologici, sono necessari per confermare la FVC come causa principale del mal di schiena debilitante ed escludere altre cause come la spondilosi degenerativa, la radicolopatia e la compromissione neurologica. Tutto ciò dovrebbe essere correlato con i reperti delle indagini di imaging [1, 9]. Nell'osteoporosi e nella malattia metastatica, le fratture possono essere presenti su più livelli e non tutte richiedono un trattamento con VP. L'esame manuale sotto guida fluoroscopica localizza e identifica il corpo vertebrale doloroso [9].

Tempi dell'intervento

Il candidato ideale per la VP è colui che si presenta entro quattro mesi da una frattura, con mal di schiena sulla linea mediana non irradiato, che aumenta con il carico, aggravato dalla palpazione manuale del processo spinoso della vertebra coinvolta [8].

Idealmente i pazienti dovrebbero sottoporsi ad almeno 3 settimane di trattamento conservativo, il fallimento del quale dovrebbe indurre a considerare la VP. L'intervento entro alcuni giorni da una FVC dolorosa viene preso in considerazione in pazienti ad alto rischio di complicanze da decubito come tromboflebite, trombosi venosa profonda, polmonite e ulcera da decubito [9, 40].

Ultimamente, numerosi dati clinici avvalorano l'utilità della VP nel trattamento delle fratture croniche inveterate da osteoporosi (da più di un anno) [41-43].

Imaging

La pianificazione preoperatoria richiede studi radiografici per identificare la frattura, stimarne la durata, definirne l'anatomia, valutare il coinvolgimento del muro posteriore del corpo vertebrale [1], escludere altre cause di mal di schiena, come l'artropatia delle faccette, la stenosi del canale spinale o l'ernia del disco [2] e determinare le localizzazioni in caso di fratture multiple.

Lo studio radiografico della colonna vertebrale fornisce una panoramica del coinvolgimento su più livelli della colonna vertebrale da parte del processo patologico, aiuta a valutare l'entità del crollo vertebrale (classificazione delle fratture) e guida ulteriori indagini di imaging.

L'esecuzione di una risonanza magnetica (RM) è fondamentale in tutti i pazienti considerati per VP in quanto fornisce informazioni sia funzionali che anatomiche. Sono necessarie sequenze T1, T2 e STIR su piani assiali e sagittali.

Le fratture acute, subacute, e le fratture non guarite sono ipointense nelle immagini T1 pesate e iperintense nelle sequenze T2 pesate e STIR per la presenza di edema [2, 40]. Inoltre la RM aiuta a differenziare la patologia benigna dall'infiltrazione maligna e dalle infezioni [1].

La scintigrafia ossea è utile per determinare l'età di una frattura. Una maggiore captazione del tracciante è altamente predittiva di una risposta clinica positiva a seguito della VP [2, 44].

In caso di dubbio circa l'integrità della parete vertebrale posteriore, deve essere effettuata una scansione CT limitata ai livelli vertebrali in questione [2]. Essa fornirà anche informazioni sulla posizione e l'estensione del processo litico, la visibilità e il grado di coinvolgimento dei peduncoli, la presenza di stenosi epidurale o foraminale causata dall'estensione del tumore o dalla retropulsione di un frammento osseo che può aumentare il rischio di complicanze.

Inoltre, se la RM fosse indicativa di sclerosi quindi di guarigione della FVC, dovrebbe essere comunque eseguita una TC di conferma, visto che il posizionamento dell'ago e iniezione di PMMA in questi casi è difficile e dà risultati radiologici e clinici sub-ottimali [2].

Pre-procedura

Il radiologo che esegue il trattamento dovrebbe organizzare un colloquio pre-procedura, con il paziente e la famiglia (se lo desidera il paziente). Deve essere discusso con il paziente ogni dettaglio della procedura, i benefici previsti, le complicazioni ed i tassi di successo, al fine di ottenere il consenso informato.

La consulenza anestesologica deve essere organizzata prima della data della procedura.

Devono essere eseguiti un esame emocromocitometrico completo, i test coagulativi e i marker di flogosi (proteina C reattiva).

Tecnica

La procedura può essere eseguita in anestesia locale, sedazione [24, 45-47] o anestesia generale [48,49]. La copertura antibiotica intra-procedurale (es. Cefazolina 1 grammo) è obbligatoria nei pazienti immunocompromessi, tuttavia allo stato attuale, in altri gruppi di pazienti non esiste un chiaro consenso alla somministrazione della stessa. La frequenza cardiaca, la saturazione di ossigeno e la pressione sanguigna devono essere monitorati durante tutta la procedura. Strette condizioni di asepsi devono essere garantite. La posizione prona è utilizzata per le vertebre toraciche e lombari, mentre quella supina è adottata per la regione cervicale. L'approccio classico transpeduncolare è preferito nelle vertebre toraciche e lombari in quanto ritenuto più sicuro. Può essere eseguito sia un approccio uni-peduncolare che bi-peduncolare. Un approccio intercosto-vertebrale è utile nella colonna toracica quando i peduncoli sono troppo piccoli o distrutti, anche se potrebbe esporre ad un più elevato rischio di pneumotorace ed ematoma paraspinale. L'approccio postero-laterale rappresenta un'alternativa nella zona lombare ma è usato raramente. Nelle vertebre cervicali viene usato l'approccio antero-laterale ed il tragitto dell'ago deve evitare il complesso carotide-giugulare.

L'utilizzo di una doppia guida (TC e fluoroscopia) o di un fluoroscopio biplano garantisce un miglior controllo del posizionamento dell'ago [37].

Guida con fluoroscopia in biplano

La proiezione antero-posteriore con 5-10 gradi di angolazione permette la migliore visualizzazione del tragitto dell'ago per l'approccio peduncolare, ed il peduncolo appare ovale.

Per un approccio ottimale il punto d'ingresso e la sua distanza dalla linea mediana possono essere misurati sulle immagini TC o RM assiali. Sotto controllo in proiezione AP e latero-laterale l'ago viene fatto avanzare attraverso il profilo superiore e laterale del peduncolo per ridurre il rischio di lesioni al midollo spinale ed alle radici nervose, che appare maggiore nel caso di un approccio lungo il margine inferiore o mediale. La punta dell'ago viene posizionata nella parte anteriore del corpo vertebrale utilizzando la proiezione latero-laterale, con il profilo dell'ago mantenuto parallelo alle limitanti superiore e inferiore. Con questa tecnica, la punta è posizionata nella metà omolaterale del corpo vertebrale per cui potrebbe essere necessario un approccio bipeduncolare per il riempimento ottimale delle vertebre.

L'uso di un ago a becco di flauto consente un più preciso posizionamento. Dopo la penetrazione della corticale ossea all'interno del peduncolo, la smussatura dell'ago viene ruotata verso la linea mediana permettendone il posizionamento mediale. Questo fa sì che si ottenga un riempimento bilaterale del corpo vertebrale evitando la necessità di un approccio bi-peduncolare.

Doppia guida

La combinazione della TC e della fluoroscopia consente il posizionamento preciso dell'ago (soprattutto nelle vertebre toraciche superiori, nei casi oncologici o particolarmente difficili), riduce le complicanze, e aumenta il comfort dell'operatore, consentendo la visualizzazione in tre dimensioni con perfetta caratterizzazione delle strutture anatomiche. La fluoroscopia è eseguita posizionando un arco a C mobile di fronte al gantry della TC. L'uso della TC permette un preciso posizionamento mediale della punta dell'ago nel terzo anteriore del corpo vertebrale, permettendo così un completo riempimento vertebrale evitando la necessità di un accesso controlaterale. Una volta ottenuto un posizionamento soddisfacente dell'ago, l'iniezione di cemento viene controllata in tempo reale sotto guida fluoroscopica.

Valore della flebografia vertebrale

La flebografia vertebrale è stata presa in considerazione per l'identificazione di potenziali vie di stravasamento di cemento. Tuttavia, le proprietà fisiche del cemento sono diverse da quelle dei mezzi di contrasto iodati, quindi questo obiettivo non è sempre raggiunto. Per tale motivo non è routinariamente eseguita, ma è riservata alle lesioni ipervascolari [50].

Iniezione di cemento

I cementi di vecchia generazione non erano sufficientemente radiopachi per una corretta visualizzazione durante l'iniezione, per cui veniva aggiunto solfato di bario, tungsteno o tantalio per aumentarne la radio-opacità. Tale aggiunta tuttavia interferiva con la polimerizzazione del cemento e ne modificava le proprietà chimiche.

La radiopacità del cemento rappresenta una caratteristica importante perché consente una buona visualizzazione fluoroscopica durante l'iniezione ed una precoce e facile individuazione di eventuali stravasi. I cementi di nuova generazione sono intrinsecamente radio-opachi.

Il cemento viene di solito preparato una volta posizionato l'ago [50], utilizzando un sistema di miscelazione chiuso, che eviti la sua contaminazione, escluda l'inclusione di bolle d'aria che ne riducano la rigidità e fornisca una miscela omogenea [47]. Durante i primi 30-50 secondi, il cemento è molto liquido [50], per diventare col tempo più pastoso e denso. È in questa fase di polimerizzazione pastosa che il cemento viene iniettato riducendo il rischio di stravasamento venoso.

L'iniezione deve essere eseguita con un set d'iniezione dedicato (ad esempio: Optimed, Allegiance, Cook, Stryker) o con una siringa luer lock da 2ml. I set di iniezione consentono l'aspirazione e iniezione diretta del cemento in flusso continuo e con il minimo sforzo [50]. Sebbene l'uso di set d'iniezione aumenti il costo della procedura, è più sicuro dell'iniezione a mano libera.

L'iniezione di cemento è fatta sotto continuo controllo fluoroscopico in proiezione latero-laterale, preferita in quanto consente l'identificazione precoce di stravasi epidurali. A tale scopo dovrebbe inoltre essere eseguito un intermittente controllo in proiezione AP per escludere fughe laterali. Se è disponibile la fluoroscopia in biplano, l'iniezione può essere monitorata contemporaneamente in AP e in proiezione latero-laterale.

Il rischio di stravasi di cemento è particolarmente elevato all'inizio dell'iniezione, fase in cui l'operatore deve prestare molta attenzione. Nel caso in cui si rilevi uno stravasamento, l'iniezione deve essere immediatamente interrotta e bisogna invertire la pressione utilizzando il set d'iniezione. L'attesa da 30 a 60 secondi consentirà al cemento di indurire e sigillare la perdita. Se a seguito di un'ulteriore iniezione la perdita persiste, deve essere modificata la posizione e/o la direzione dell'ago. Se lo stravasamento continua, l'iniezione viene interrotta e l'ago viene rimosso. Se si ottiene un riempimento incompleto del corpo vertebrale, si accede al peduncolo controlaterale.

L'iniezione di cemento viene interrotta quando i due terzi anteriori del corpo vertebrale sono riempiti e il cemento è omogeneamente distribuito su entrambi i lati e tra le due limitanti. Il mandrino dell'ago viene riposizionato sotto controllo fluoroscopico, prima che il cemento cominci a solidificare e l'ago viene poi accuratamente rimosso [50].

Il tempo effettivo di lavoro con il cemento va da 8 a 10 minuti dopo la miscelazione (temperatura ambiente di 20 ° C), a seguito del quale esso comincia a solidificare [50]. Tuttavia, alcuni nuovi cementi hanno tempo di solidificazione più lungo.

Nei pazienti con osteoporosi o emangiomi, 2,5-4 ml di cemento forniscono un riempimento ottimale della vertebra, raggiungendo sia il consolidamento che il sollievo dal dolore. Nella malattia tumorale, in cui lo scopo della VP è il sollievo del dolore straziante, sono in genere sufficienti minori volumi (1.5-2.5ml) [50].

Cure post-procedura

Prima di rimuovere il paziente dal tavolo, l'operatore deve attendere l'indurimento del cemento che è indicato empiricamente dalla solidificazione della quantità non iniettata sul tavolo operatorio.

Il paziente viene mantenuto in posizione supina per due ore dopo la procedura e può quindi essere mobilizzato (il 90% della resistenza alla trazione dei cementi è ottenuto in un'ora).

I parametri vitali nonché i test neurologici (incentrati sulle estremità) sono monitorati ogni quindici minuti per la prima ora, poi ogni mezz'ora per le successive due ore.

Deve essere fatta una valutazione immediata delle condizioni del paziente, se vi è un aumento nel dolore, un cambiamento nei parametri vitali o un deterioramento delle condizioni neurologiche. In quest'ultimo caso, un esame neurologico approfondito condotto da uno specialista è seguito da una scansione CT a strato sottile del/i livello/i trattato/i per cercare eventuali compressioni del midollo spinale o della radice nervosa dati da uno stravasamento di cemento che può richiedere decompressione neurochirurgica urgente.

Possono essere utilizzati farmaci anti-infiammatori non steroidei o cortisonici da due a quattro giorni dopo la vertebroplastica per minimizzare la reazione infiammatoria al calore secondaria alla polimerizzazione del cemento acrilico.

Complicanze

Le complicanze possono essere distinte in minori e gravi. Le complicanze minori sono definite come eventi clinici impreveduti o indesiderati che non richiedono un intervento chirurgico immediato o ritardato [9, 24].

Una complicanza grave è il verificarsi di un evento clinico inatteso o indesiderato, che richiede un intervento chirurgico o provoca morte o invalidità significativa.

I dati pubblicati mostrano tassi di complicanze delle fratture osteoporotiche trattate con VP <1% e in fratture maligne <10% [36].

I Centri che pianificano di avviare un programma di VP dovrebbero mirare a mantenere i loro tassi di complicanze inferiori a quelli pubblicati. Una soglia procedurale di complicanze per VP effettuata per osteoporosi è del 2% e per indicazioni tumorali del 10% [36].

Fuga di cemento

È spesso asintomatica [51]. Un deficit neurologico transitorio ha un'incidenza dell'1% in pazienti osteoporotici e del 5% in pazienti con eziologia maligna, raramente persiste oltre i 30 giorni o richiede un intervento chirurgico. Un deficit neurologico permanente è definito come sintomi della durata >30 giorni, che richiedono un intervento chirurgico. Tale complicanza non è stata riportata nei pazienti trattati per osteoporosi, ma nei pazienti neoplastici ha un'incidenza del 2% [36].

Vie di fuoriuscita di cemento:

- Spazio epidurale e neuroforami: può determinare paraplegia e radicolopatia a causa di compressione midollare e/o della radice nervosa, rispettivamente. La radicolopatia è una reazione avversa minore che si verifica a causa del contatto di cemento con la radice del nervo emergente e del riscaldamento del tessuto nervoso durante la polimerizzazione del cemento. Per evitare questa complicanza, un ago spinale deve essere immediatamente posizionato nel forame per iniettare soluzione salina lentamente al fine di raffreddare la radice del nervo. La radicolopatia può richiedere un breve ciclo di farmaci anti-infiammatori non-steroidi, cortisonici orali o iniezioni locali di steroidi nella zona interessata. La compressione del midollo è una complicanza grave e richiede urgente decompressione neurochirurgica per prevenire sequele neurologiche permanenti.
- Spazio discale e tessuto paravertebrale: di solito non ha significato clinico. Tuttavia, nell'osteoporosi grave, grandi perdite nel contesto discale potrebbero portare al collasso dei corpi vertebrali adiacenti.
- Plesso venoso perivertebrale: può provocare embolia polmonare, che di solito è periferica e asintomatica [45], raramente centrale (con conseguente infarto polmonare) [52, 53]. È stata segnalata embolizzazione cerebrale paradossa.

Infezioni

Si verificano in meno dell'1% dei casi.

Frattura di coste, elementi posteriori o peduncoli

L'incidenza è <1%. E' considerata una complicanza minore.

Rischio di collasso del corpo vertebrale adiacente

Ha una incidenza del 12,4% [46] e un odds ratio di 2,27 [54].

Reazione allergica

Di solito è dovuta al cemento ed è caratterizzata da ipotensione e aritmie.

Sanguinamento dal sito di puntura

E' associato a dolore e gonfiore localizzato, che si risolve in 72 ore. E' ridotto da 5 minuti di compressione dopo che l'ago viene rimosso.

Le complicanze sopra riportate sono di solito il risultato di una scarsa tecnica e selezione dei pazienti, in particolare a causa di:

- iniezione di cemento in fase liquida che provoca fuga venosa e stravasos osseo
- iniezione a più livelli (si consiglia di non trattare più di 3-4 livelli in una sola seduta [40, 45])
- errato posizionamento della punta dell'ago (ad es. in una vena basivertebrale o vicino al muro posteriore)
- trattamento delle lesioni altamente vascolarizzate come metastasi da cancro della tiroide e renale.

Misure di outcome

Determinano il tasso di successo della procedura e si basano sui seguenti criteri.

CRITERIO	PERCENTUALE DI SUCCESSO
1. Miglioramento del dolore <ul style="list-style-type: none"> • Fratture osteoporotiche acute (entro 72 ore) • Fratture osteoporotiche croniche • Fratture neoplastiche • Emangioma 	90% [13, 14, 24, 55,56] 80% [42] 60-85% [12, 14, 30, 33, 34] 80% [14,57]
2. Aumento della mobilità <ul style="list-style-type: none"> • Fratture osteoporotiche acute • Fratture osteoporotiche croniche 	93% [24] 50% [42]
3. Riduzione della richiesta di analgesici	91% [24]

Qualificazione e responsabilità del personale

Solo un operatore esperto, ovvero adeguatamente formato alla procedura, può eseguire la VP. Inoltre, è responsabilità dell'operatore monitorare i progressi dei pazienti, segnalare gli effetti collaterali e condurre verifiche [38]. Un programma di VP dovrebbe essere creato e gestito in una struttura in possesso di un reparto di chirurgia della colonna vertebrale, per affrontare eventuali complicanze relative alla procedura. Un team multidisciplinare è la chiave per il successo del progetto in grado di fornire una buona selezione dei pazienti, cure post-intervento e follow-up con un'accettabile percentuale di complicanze.

CARATTERISTICHE DELL' ATTREZZATURA

E' preferibile eseguire la VP in una sala di radiologia interventistica anziché in sala operatoria, visto che l'attrezzatura fluoroscopica fissa è di migliore qualità rispetto all'arco a C mobile. Dovrebbe essere disponibile fluoroscopia di alta qualità per un'adeguata visualizzazione del cemento durante l'iniezione e per l'identificazione precoce di stravasi.

Un sistema monoplano è di facile utilizzo e sicuro finché l'operatore non riconosca la necessità di visualizzazione in piani multipli [47].



Alcune sale radiologiche possono essere attrezzate con guida fluoroscopica in biplano, in grado di garantire una rapida alternanza tra i piani d'immagine senza movimento di attrezzature complesse e riallineamento della proiezione [47].

Bibliografia

1. Phillips FM. (2003) Minimal invasive treatment of osteoporotic vertebral compression fractures. *Spine* 28(s):45-53.
2. Bernadette Stallemeyer MJ, Zoarski GH, Obuchowski AM. (2003) Optimising patient selection in percutaneous vertebroplasty. *J Vasc Interv Radiol* 14:683-696.
3. Riggs BL, Melton LJ. (1995) The worldwide problem of osteoporosis: insights afforded by epidemiology. *Bone* 17(suppl):505-511.
4. Uthoff HK, Jawarowski ZF. (1978) Bone loss in response to long term immobilisation. *J. Bone Joint Surg* 60:420-429.
5. Leech JA, Dulberg C, Kellie S, et al. (1990) Relationship of lung function to severity of osteoporosis in women. *Am Rev Respir Dis* 141:68-71.
6. Galibert P, Deramond H, Rosat P, et al. (1987) Preliminary note on the treatment of vertebral angioma by percutaneous acrylic vertebroplasty. *Neurochirurgie* 33:166-168.
7. Black DM, Palermo L, Nevitt MC, et al. (1999) Defining incident vertebral deformity: a prospective comparison of several approaches. The study of osteoporotic fractures research group. *J Bone Miner Res* 14:90-101.
8. Gangi A, Guth S, Imbert JP, et al. (2003) Percutaneous Vertebroplasty: Indications, Technique, and Results. *Radiographics* 23:10e; published online as 10.1148/rg.e10
9. Zoarski GH, Snow P, Olan WJ, et al. (2002) Percutaneous vertebroplasty for osteoporotic compression fractures: Quantitative Prospective Evaluation of Long-term Outcomes. *J Vasc Interv Radiol* 13:139-148.
10. Kaemmerlen P, Thiesse P, Bouvard H et al. (1989) Vertebroplastie percutanee dans le traitement des metastases: technique et resultants. *J Radiol* 70: 557-562.
11. Gangi A, Kastler BA, Dietman JL. (1994) Percutaneous vertebroplasty guided by a combination of CT and fluoroscopy. *Am J Neuroradiology* 15:83-86.
12. Weill A, Chiras J, Simon JM, et al. (1996) Spinal metastasis: indications for and results of percutaneous injection of acrylic surgical cement. *Radiology* 199:241-247.
13. Barr JD, Barr MS, Lemley TJ, et al. (2000) Percutaneous vertebroplasty for pain relief and spinal stabilization. *Spine* 25(8): 923-928.
14. Deramond H, Depriester C, Galibert P, et al. (1998) Percutaneous vertebroplasty with polymethylmethacrylate. Technique, indications and results. *Radiol Clin North Am* 36:533-546.
15. Cyteval C, Sarrabere MPB, Roux JO, et al. (1999) Acute osteoporotic vertebral collapse: open study on percutaneous injection of acrylic surgical cement in 20 patients. *Am J Roentgenol* 173: 1685- 1690.
16. Gangi A, Dietemann JL, Schultz A, et al. (1996) Interventional radiologic procedures with CT guidance in cancer pain management. *Radiographics* 16:1289-1304.
17. Deramond H. (1991) La neuroradiologie interventionnelle. *Bull Acad Natl Med* 175:1103-1112.
18. Gangi A, Kastler B, Klinkert A, et al. (1995) Interventional radiology guided by a combination of CT and fluoroscopy: technique, indication and advantages. *Semin Intervent Radiol* 12:4-14.
19. Gangi A, Dietemann JL, Dondelinger RF. (1994) Tomodensitométrie interventionnelle Paris, France: Vigot 233-246.
20. Deramond H, Depriester C, Toussaint P, et al. (1997) Percutaneous vertebroplasty. *Semin Musculoskelet Radiol* 1:285-296.
21. Deramond H, Wright NT, Belkoff SM. (1999) Temperature elevation caused by bone cement polymerization during vertebroplasty. *Bone* 25(2 suppl):17S-21S.
22. Mathis JM, Petri M, Naff N. (1998) Percutaneous vertebroplasty treatment of steroid-induced osteoporotic compression fractures. *Arthritis Rheum* 41: 171-175.
23. Gangi A, Dietemann JL, Guth S, et al. (1999) Computed tomography and fluoroscopy-guided vertebroplasty: results and complications in 187 patients. *Semin Intervent Radiol* 16:137-141.
24. Kevin McGraw J, Lippert JA, Minkus KD, et al. (2002) Prospective evaluation of pain relief in 100 patients undergoing percutaneous vertebroplasty: Results and follow up. *J Vasc Interv Radiol* 13:883-886.
25. Cortet B, Cotton A, Deprez X, et al. (1994) Value of vertebroplasty combined with surgical decompression in the treatment of aggressive spinal angioma. *Rev Rhum Ed Fr*; 61: 16-22.
26. Ide C, Gangi A, Rimmelin A, et al. (1996) Vertebral haemangiomas with spinal cord compression: the place of preoperative percutaneous vertebroplasty with methyl methacrylate. *Neuroradiology*; 38: 585-589.

27. Gangi A, Guth S, Imbert JP et al. (2002) Percutaneous bone tumour management. *Seminars in Interventional Radiology* 19(3):279-286.
28. Cotten A, Deramond H, Cortet B, et al. (1996) Preoperative Percutaneous injection of methyl methacrylate and N-butyl cyanoacrylate in vertebral haemangiomas. *Am J Neuroradiol* 17:137-142.
29. Murphy KJ, Deramond H. (2000) Percutaneous vertebroplasty in benign and malignant disease. *Neuroimaging Clin N Am*; 10: 535-545.
30. Shimony JS, Gilula LA, Zelle AJ, et al. (2004) Percutaneous vertebroplasty for malignant compression fractures with epidural involvement. *Radiology* 2004; 232: 846-853.
31. Jensen ME, Kallmes DE. (2002) Percutaneous vertebroplasty in the treatment of malignant spine disease. *Cancer J*; 8: 194-206.
32. Deramond H, Galibert P, Debussche C. (1991) Vertebroplasty. *Neuroradiology* 33(s): 177-178.
33. Cortet B, Cotten A, Boutry N, et al. (1997) Percutaneous vertebroplasty in patients with osteolytic metastases or multiple myeloma. *Rev Rhum Engl Ed* 64:177-183.
34. Cotten A, Dewatre F, Cortet B, et al. (1996) Percutaneous vertebroplasty for osteolytic metastasis and myeloma: effects of percentage of lesion filling and the leakage of methyl-methacrylate at clinical follow up. *Radiology* 200:525-530.
35. Dearmond H, Depriester C, Toussaint P. (1996) Vertebroplastie et radiologie interventionnelle percutanee dans les metastases osseuses. Technique, indications, and contre-indications. *Bull Cancer* 83:277-282.
36. Kevin McGraw J, Cardella J, Barr JD, et al. (2003) Society of Interventional Radiology Quality Improvement Guidelines for Percutaneous Vertebroplasty. *J Vasc Interv Radiol* 14:827-831.
37. Sabharwal T, Gangi A. (2004) Percutaneous Vertebroplasty. *CME Radiology* 4(2):71-75.
38. Peh WCG, Gilula LA. (2003) Percutaneous vertebroplasty: Indications, contraindications and technique. *The British Journal of Radiology* 76:69-75.
39. National Institute of Clinical Excellence (NICE). (2003) Percutaneous Vertebroplasty. Consultation document. <http://www.nice.org.uk/cms/ip/ipcat.aspx?o=56770>
40. Mathis JM, Barr JD, Belkoff SM, et al. (2001) Percutaneous vertebroplasty: A developing standard of care for vertebral compression fractures. *AJNR Am J Neuroradiol* 22:373-381.
41. Kaufmann TJ, Jensen ME, Schweickert PA, et al. (2001) Age of fracture and clinical outcome of percutaneous vertebroplasty. *AJNR Am J Neuroradiol* 22:1860-1863.
42. Brown DB, Gilula LA, Sehgal M, et al. (2004) Treatment of chronic symptomatic vertebral compression fractures with percutaneous vertebroplasty. *AJR* 182:319-322.
43. Garfin SR, Reilley MA. (2002) Minimally invasive treatment of osteoporotic vertebral body compression fractures. *The Spine Journal* 2:76-80.
44. Maynard AS, Jensen ME, Schweickert PA, et al. (2000) Value of bone scan imaging in predicting pain relief from percutaneous vertebroplasty in osteoporotic vertebral fractures. *Am J Neuroradio* 21:1807-1812.
45. Scroop R, Eskridge J, Britz GW. (2002) Paradoxical cerebral arterial embolization of cement during intra-operative vertebroplasty: Case report. *AJNR Am J Neuroradiol* 23:868-870.
46. Uppin AA, Hirsch JA, Centenera LV, et al. (2003) Occurrence of new vertebral body fracture after Percutaneous Vertebroplasty in patients with Osteoporosis. *Radiology* 226:119-124.
47. Mathis JM, Wong W. (2003). Percutaneous Vertebroplasty: Technical Considerations. *J Vasc Interv Radiol* 14:953-960.
48. White SM. (2002) Anaesthesia for Percutaneous Vertebroplasty. *Anaesthesia* 57(12): 1229-1230.
49. Martin JB, Jean B, Sugiu K et al. (1999) Vertebroplasty : clinical experience and follow up results. *Bone* 25 (2suppl) :11S-15S.
50. Gangi A, Wong LLS, Guth S, et al. (2002) Percutaneous Vertebroplasty: Indications, techniques and results. *Seminars in Interventional Radiology* 19:265-270.
51. Nussbaum DA, Gailloud P, Murphy K. (2004) A review of complications associated with vertebroplasty and kyphoplasty as reported to the food and drug administration medical device related web site. *J Vasc Interv Radiol* 15:1185-1192.
52. Padovani B, Kasriel O, Brunner P, et al. (1999) Pulmonary embolism caused by acrylic cement: A rare complication of percutaneous vertebroplasty. *Am J Neuroradiol* 20: 375-377.
53. Francois K, Taeymans Y, Poffyn B, et al. (2003) Successful management of a large pulmonary cement embolus following percutaneous vertebroplasty: A Case Report. *Spine* 28(20):E424-E425.
54. Gardos F, Depriester C, Cayrolle G, et al. (2000) Long term observations of vertebral osteoporotic fractures treated by percutaneous vertebroplasty. *Rheumatology* 39:1410-1414.
55. Jensen ME, Evans AJ, Mathis JM, et al. (1997) Percutaneous polymethylmethacrylate vertebroplasty in the treatment of osteoporotic vertebral body compression fractures: technical aspects. *Am J Neuroradiology* 18:1897-1904.



56. Peh WCG, Gilula LA, Peck DD. (2002) Percutaneous vertebroplasty for severe osteoporotic vertebral body compression fractures. *Radiology* 223(1): 121-126.
57. Cotten A, Bounry N, Cortet B, et al. (1998) Percutaneous vertebroplasty: state of the art. *Radiographics* 18:311-20.