

Vertebroplastia y otras técnicas mínimamente invasivas para el manejo de fracturas dolorosas de los cuerpos vertebrales

Vertebroplasty and other minimally invasive techniques in the management of painful fractures of the vertebral bodies

Ricardo Vallejo

RESUMEN

Con un estimado de 44 millones de norteamericanos afectados, la osteoporosis, una patología asociada a la edad, se está convirtiendo en un problema de salud pública. La complicación más frecuente en pacientes con osteoporosis es el desarrollo de fracturas de los cuerpos vertebrales (FCV). Las fracturas vertebrales están asociadas a un aumento de la mortalidad, seguramente por cambios en la función pulmonar, inmovilización prolongada y deterioro de la calidad de vida. Durante la última década se han publicado más de 500 artículos acerca del tratamiento mínimamente invasivo de las FCV, llamado vertebroplastia. Este procedimiento consiste en la inyección percutánea de cemento óseo sintético para estabilizar la fractura. La baja incidencia de complicaciones y la rápida recuperación de los pacientes explican el entusiasmo de la comunidad médica por esta técnica.

PALABRAS CLAVE: osteoporosis, fracturas, PMMA vertebroplastia.

(Ricardo Vallejo. Vertebroplastia y otras técnicas mínimamente invasivas para el manejo de fracturas dolorosas de los cuerpos vertebrales. Acta Neurol Colomb 2007;23:127-133).

SUMMARY

Osteoporosis an age related condition, is becoming a mayor public health problem, with an estimated 44 million americans affected. The most common complication in patients with osteoporosis is the development of vertebral body fractures (VBF). Vertebral fractures are associated with an increase risk of mortality, may be associated to changes in pulmonary function, prolonged immobilization, and a significant impact on the quality of life. Over the last decade, over 500 manuscripts have been published about the use of a minimally invasive treatment of VBF called vertebroplasty. This procedure consists on the percutaneous injection of synthetic bone cement to stabilize the fracture. The low incidence of complications and the rapid improvement in patient's symptoms explains the enthusiasm of the medical community in this technique.

KEY WORDS: osteoporosis, fractures, PMMA, vertebroplasty.

(Ricardo Vallejo. Vertebroplasty and other minimally invasive techniques in the management of painful fractures of the vertebral bodies. Acta Neurol Colomb 2007;23:127-133).

INTRODUCCIÓN

A medida que la población envejece, el problema de la osteoporosis se magnifica. Con un total de 44 millones de norteamericanos afectados por osteoporosis (1) y más de dos millones de

fracturas óseas por año, el problema sanitario es de proporciones alarmantes. De acuerdo al reporte anual de la Fundación Nacional de Osteoporosis en personas mayores de 50 años, la mitad de las mujeres y una cuarta parte de los

Recibido: 30/04/07. Revisado: 10/07/07. Aceptado: 30/07/07.

Ricardo Vallejo, MD, PhD, F.I.P.P. Director of Research. Millennium Pain Center. Bloomington, Illinois. Médico Adjunto Unidad del Dolor. Millennium Pain Management-Teknon. Barcelona, Espana. Adjunct Professor Illinois State University Biology Department Normal, Illinois.

Correspondencia: Ricardo Vallejo, MD, PhD. Millennium Pain Center. 1015 S. Mercer Ave. Bloomington, IL. 61701 e-mail: vallejo1019@yahoo.com

hombres, sufrirán una fractura ósea asociada a la osteoporosis, a lo largo de su vida. La forma más común de estas fracturas es la de los cuerpos vertebrales que suman más de la mitad de todos los casos (2). El coste estimado por conceptos médicos debido a fracturas osteoporóticas en el 2005 fue de 16.9 billones de dólares (3). La prevalencia estimada de fracturas vertebrales compresivas (FVC) se incrementa con la edad, alcanzando un 40 por ciento en mujeres mayores de 80 años (4). El riesgo de mortalidad relativa, ajustado por edad, en pacientes con diagnóstico clínico de fractura ósea asociada a osteoporosis es de 2,15, el riesgo de mortalidad secundario a FVC es mayor que el posterior a fractura de cadera (4.64 vs. 6.68). Estos resultados se mantuvieron cuando se hicieron los ajustes de morbilidad específica y estado de salud (5). Otros reportes indican un aumento en la mortalidad de un 15 por ciento cuando se compara con poblaciones de similares características no afectadas por FVC (6). Las complicaciones pulmonares son con frecuencia la causa de muerte. Se estima que cada FVC reduce la capacidad vital forzada en un 9 por ciento, favoreciendo el desarrollo de atelectasias y neumonía. Las fracturas vertebrales afectan el sistema músculo esquelético y causan dolor, alteraciones funcionales, cambios en el estado anímico y pérdida de calidad de vida. Además, la inmovilidad generada por el dolor (que se exacerba cuando el paciente sostiene el peso de su cuerpo en posición sedente o de pié), o por el uso de analgésicos potentes, lleva a un aumento de la osteoporosis, a pérdida de masa muscular, causa úlceras de decúbito, favorece la trombosis venosa profunda y predispone a embolismos pulmonares. Las FVC de origen osteoporótico, tienden a ocurrir en el tercio anterior del cuerpo vertebral, donde el hueso trabecular es menos prominente y se asocia a alteraciones de la estabilidad mecánica de la espina, permitiendo que los segmentos vertebrales próximos se hagan más vulnerables a las fracturas. Una vez un paciente ha sufrido una FVC, el riesgo anual de una fractura subsecuente es del 19.2 por ciento.

Otra fuente potencial de fracturas vertebrales es la infiltración tumoral. Las lesiones malignas más comunes incluyen metástasis osteolíticas y mieloma múltiple. Aunque las terapias anticancerígenas actuales aumentan la sobrevida de los

pacientes, esto aumenta el riesgo de desarrollo de metástasis y colapso vertebral.

La alta morbilidad y mortalidad asociada a las FVC, ha llevado al desarrollo de técnicas mínimamente invasivas para su manejo. Gallibert, Deramond y colaboradores realizaron la primera vertebroplastia para el tratamiento de un hemangioma vertebral doloroso en 1984 y publicaron sus primeros casos en 1987. Desde su primera descripción, la vertebroplastia ha ido ganando popularidad, debido al alivio casi inmediato del dolor, la baja incidencia de complicaciones y el corto período de recuperación. Se estima que entre un 85 a 90 por ciento de pacientes con FVC tendrá alivio del dolor en las primeras 24 horas, mientras que en pacientes con fracturas tumorales el alivio del dolor se observa en 60 a 70 por ciento de los casos. La vertebroplastia percutánea (VP), incluye la inyección del cemento óseo acrílico, polimetil metacrilato (PMMA) dentro del cuerpo vertebral fracturado mediante una aguja bien sea a través del pedículo vertebral o por técnica parapedicular. Para realizar este procedimiento es indispensable el uso de fluoroscopia con visión en tiempo real. En algunos casos puntuales, el uso de tomografía computarizada puede facilitar la localización de estructuras difícilmente visibles a los rayos X, debido a la severidad misma de la osteoporosis.

MECANISMO DE ACCIÓN

Una vez mezclados el polímero y el monómero que constituyen el PMMA, la reacción de polimerización crea un compuesto de baja viscosidad que se va haciendo sólido a medida que se lleva a cabo un proceso exotérmico, generando temperaturas de hasta 124 grados centígrados. El mecanismo exacto por el que la inyección percutánea de cemento alivia el dolor en pacientes con FVC no está del todo establecido. Entre las teorías postuladas se incluye la necrosis térmica de terminales nerviosas, toxicidad química contra los nociceptores intraóseos, neurotoxicidad del monómero del cemento sintético y por último, quizá la teoría más aceptada, la estabilización mecánica (6,7). En los últimos años se han desarrollado nuevos compuestos para la estabilización de las FVC. Interesantemente, uno de estos, recientemente

aprobados en la comunidad europea y en fase 3 de investigación en USA, combina partículas de vitro-cerámica, sílica amorfa y vidrio de bario boro-aluminosilicato, lo cual produce mínima exotermia y toxicidad local, pero con una tasa de éxito similar al PMMA, lo cual soporta aun más a la estabilización de la fractura como la causa primordial del alivio del dolor.

DIAGNÓSTICO

Con frecuencia el cuadro clínico de presentación se caracteriza por una paciente mayor de 60 años, con dolor severo axial de presentación súbita. De forma típica, el dolor se recrudece cuando la paciente esta sentada o de pie por un período prolongado y se alivia en decúbito. La presencia de dolor radicular nos debe hacer dudar del diagnóstico o llevar a considerar otra fuente concomitante de dolor. En el examen físico, la palpación de los procesos espinosos de las vértebras afectadas, por lo general produce un dolor exquisito. Una forma de confirmar que el nivel de la fractura es el que genera el dolor, es el realizar la palpación de los procesos espinosos, bajo visión de rayos X. Si existe una correlación entre los hallazgos de la palpación bajo visión de rayos X y la vértebra fracturada, la indicación para la vertebroplastia será clara. Sin embargo, si el cuerpo vertebral fracturado no es doloroso a la palpación, se debe investigar otra fuente de dolor. Una ventaja adicional de realizar la palpación bajo visión fluoroscópica, es que permite determinar si el procedimiento podrá llevarse a cabo solo con fluoroscopia, o si en un caso extremo la severidad de la fractura, nos obligara al uso de tomografía computarizada.

En términos de las imágenes requeridas para realizar el diagnóstico, con frecuencia el primer paso es el uso de radiografía simple en AP y lateral. Aunque estas imágenes ayudan a realizar el diagnóstico, solo la resonancia magnética (RM) puede determinar a ciencia cierta si la fractura es aguda o crónica. Una baja señal en T1 con una señal alta en las imágenes de T2, revelan la presencia de edema en el cuerpo agudamente fracturado. En caso de duda, las imágenes STIR con supresión de grasa, pueden ayudar a diferenciar el edema de una fractura aguda o subaguda, de la presencia de degeneración grasa intravertebral.

Si la RMN se contraindicara (presencia de marcapasos, estimuladores de médula espinal, etc.) una tomografía computarizada o una gammagrafía ósea pueden facilitar el diagnóstico. De hecho, la tomografía, nos puede dar detalles de las estructuras óseas que no pueden observarse con ninguna otra técnica. En cuanto a la escanografía ósea, aunque nos puede ayudar a determinar si una fractura es aguda o no, su especificidad es baja y los procesos infecciosos, inflamatorios o tumoral no se indiferencian adecuadamente si solo se usa esta técnica.

INDICACIONES

La consideración más importante al realizar una vertebroplastia es el determinar si la fractura vertebral es aguda o no y aun más importante, si es dolorosa o no. La forma más específica de confirmar que una fractura es aguda o subaguda es con las imágenes T2 y STIR de la RM, evaluando posteriormente si la vértebra sospechosa es o no dolorosa a la palpación. En caso de duda, una alternativa es realizar un bloqueo diagnóstico selectivo del la rama gris comunicante que se encuentra la altura del tercio medio del cuerpo vertebral. La inyección no debe realizarse con más de 0.3 ml de anestésico local en cada lado, para mejorar la precisión del diagnóstico.

Otra indicación es el tratamiento de fracturas dolorosas causadas por trauma o lesiones tumorales.

En general se recomienda que el número de fracturas vertebrales tratadas no exceda de tres, por el mayor riesgo de complicaciones reportadas cuando se realizan varios niveles, en un solo tiempo

CONTRAINDICACIONES

Con la experiencia acumulada en los últimos años, el número de contraindicaciones se ha reducido significativamente (8). La presencia de fragmentos óseos desplazados posteriormente hacia el canal espinal solía ser una contraindicación, pero se han realizado muchos casos con más de 50 por ciento de desplazamiento posterior, sin complicaciones. Otro grupo de pacientes que pueden acceder a vertebroplastia hoy en

día, es el de aplastamientos vertebrales de más 50 por ciento. También se han realizado casos de vertebroplastia en pacientes con la llamada vértebra plana sin complicaciones.

Aun se considera una complicación relativa la presencia de síntomas radiculares que no corresponden al área afectada. Las complicaciones absolutas incluyen la presencia de infección sistémica o localizada, alergia conocida al polimetilmetacrilato, coagulopatía no corregida, presencia de tumor epidural y una carencia de consentimiento al tratamiento.

BREVE DESCRIPCIÓN DEL PROCEDIMIENTO

Treinta minutos antes del iniciar el procedimiento se le administra al paciente un antibiótico sistémico (Cefazolin 1 gr IV, o en caso de alergia, clindamicina 600 mg IV). Antes de iniciar la sedación, se le pide al paciente que se autoacomode en posición prona, para evitar que la movilización activa favorezca el desarrollo de fracturas costales o de las extremidades. Una vez acomodado el paciente y después de almohadillar cualquier protuberancia corporal que pueda lesionarse (región ulnar, plexo braquial, etc.), se inicia la sedación, la cual debe ser mínima. Con la ayuda del fluoroscopio con brazo en C, o de la tomografía computarizada, se ubica el cuerpo vertebral afectado y después de anestesiarse la piel y los tejidos subcutáneos con lidocaína al 1 por ciento sin epinefrina, se introduce la aguja (no es necesaria una incisión) de vertebroplastia en una visión oblicua, a través del pedículo. El análisis detallado de la RN o de la TAC antes del procedimiento es clave para determinar cuál pedículo es el indicado. De haber fractura del pedículo, se preferirá el lado opuesto. Hoy en día y de acuerdo a la experiencia del operador, la aguja de vertebroplastia se introduce dentro del cuerpo vertebral a través de uno o de los dos pedículos. El calibre de la aguja de vertebroplastia puede ser 11 para uso en la zona lumbar y torácica inferior, o calibre 13 para fracturas más altas. Es importante enfatizar que en fracturas vertebrales por encima de T8, no se recomienda el uso de una sola aguja, pues la perpendicularidad de los pedículos con respecto al cuerpo vertebral, torna arriesgada esta técnica, ya que una aproximación muy medial con la aguja, conlleva el riesgo

de lesión intramedular. Una vez la aguja ha atravesado el pedículo en visión lateral, la aguja se avanza hasta la unión del tercio anterior con los dos tercios posteriores. En este momento se procede a mezclar los componentes del cemento y una vez esta haya adquirido una consistencia como la de una crema de dientes, se procederá a inyectar bajo visualización fluoroscópica continua el cemento dentro del cuerpo vertebral. La opacidad del cemento nos permitirá observar cualquier fuga del cemento hacia estructuras aledañas. Es importante que incluso cuando se decide hacer el procedimiento con TAC, tener a mano un fluoroscopio con brazo en C, para hacer la inyección en tiempo real. La cantidad total de cemento que se debe inyectar depende más de la presencia de cemento en el tercio posterior del cuerpo vertebral, que de un volumen preestablecido. A modo de guía los volúmenes a inyectar pueden ser de 3-6 ml en la región lumbar y de 2-3 ml en la región torácica. Es importante que estos números sean solo una guía, pues la visualización durante la inyección del cemento radio-opaco en tiempo real es el mejor parámetro para determinar cuando detener la inyección.

COMPLICACIONES

La mayoría de complicaciones son leves, transitorias y autolimitadas. Una de las más frecuentes es la presencia de extrusiones de cemento. El cemento se puede extravasar en múltiples direcciones, incluyendo el canal espinal, los forámenes intervertebrales, los tejidos perivertebrales o las estructuras vasculares en cuyo caso, el embolismo sistémico de cemento es una posibilidad. La mayoría de las estadísticas, se basan en reportes iniciales cuando el PMMA se inyectaba en estado semi-liquido. Estos procedimientos iniciales presentaban extrusión en 38 a 73 por ciento (4,9). En los últimos años, se han desarrollado técnicas alternativas, con la esperanza de reducir la incidencia de extrusión de cemento. Entre ellas cabe destacar la xifoplastia y el sistema de creación de cavidad 10. En ambos procedimientos, el objetivo es el de crear una cavidad hueca dentro del cuerpo vertebral fracturado, que permita inyectar el cemento a una menor presión, evitando la posibilidad de fuga. Aunque a primera vista parece obvio que

la inyección en una cavidad hueca tendrá menor riesgo de extrusión de cemento, Tomita et al, demostraron un mínimo aumento de presión cuando el cemento se inyectó ex-vivo, (cuerpos vertebrales cadavéricos osteoporóticos) (11).

A pesar de los primeros reportes de incidencia de extrusión, la frecuencia de radiculopatía transitoria es baja, entre un 3 - 6 por ciento de los casos. Es conveniente, cuando el operador tiene sospecha de extravasación durante el procedimiento, confirmarla inmediatamente y precisar la localización exacta de la fuga de cemento, mediante una TAC. En la mayoría de casos, el manejo agresivo con esteroides orales o epidurales será suficiente, reservando el uso de cirugía para casos extremos.

Los riesgos potenciales de este procedimiento incluyen hemorragia, infección estenosis del canal espinal, trauma local a las raíces nerviosas o la médula espinal, fractura de estructuras óseas adyacentes como las costillas, la lamina o el pedículo y por último el desarrollo de hipoxia aguda como resultado de un embolismo pulmonar grasoso o de partículas de cemento.

CONTROVERSIA VERTEBROPLASTIA VS XIFOPLASTIA

En los últimos años se ha creado una gran controversia sobre que método de manejo de las fracturas vertebrales es más conveniente. En teoría las ventajas de la xifoplastia, que consiste en la introducción de una cánula al tercio medio del cuerpo vertebral, para después, a través de la cánula introducir un balón que se infla a presión con un sistema de manometría dentro del cuerpo vertebral, creando una cavidad hueca, donde luego se inyectará el cemento a baja presión, consisten en: 1) menor incidencia de extrusión de cemento, 2) restauración de la altura y 3) corrección de la kifosis a la altura de la vértebra colapsada. Conviene sin embargo antes de entrar en detalle el describir otros factores que pueden tener peso a la hora de decidir que técnica utilizar. Estos factores incluyen: costo del equipo, duración del procedimiento y manejo post-operatorio, duración de la hospitalización, tipo de anestesia requerida, riesgo subsecuente de fracturas en vértebras anexas y riesgo de complicaciones. En cuanto a la incidencia de

extrusión de cemento, la evidencia es un tanto vaga, desde aquellos primeros estudios que demostraban una alta incidencia de extrusión con el uso de cemento en estado casi líquido durante la vertebroplastia, la práctica actual se ha modificado y el cemento se inyecta ahora cuando este adquiere una consistencia de pasta de dientes. Algunos estudios han pretendido equiparar la distribución del líquido de contraste con la del cemento, demostrando una mayor incidencia de extrusión en casos de vertebroplastia cuando se comparan con la xifoplastia (12). Conviene considerar que en este estudio las agujas fueron colocadas en el tercio medio de la vértebra (para la vertebroplastia la aguja está en la unión del tercio anterior y los dos tercios posteriores), donde se encuentra la vena basivertebral que drena en el plexo venoso interno anterior y que varios estudios han demostrado que el medio no sigue la misma ruta que el cemento cuando se inyecta en el cuerpo vertebral (13, 14). Un estudio en primates comparó las dos técnicas y la incidencia de extrusión del cemento, sin hallar diferencias en fuga de cemento al canal espinal o los tejidos adyacentes (15). Solo un estudio prospectivo ha comparado la incidencia de extrusión, reportando una tasa de extrusión de 28 por ciento en vertebroplastia contra 23 por ciento en xifoplastia (16). En cuanto a la altura vertebral, un 70 por ciento de pacientes tratados con xifoplastia obtuvieron un promedio de 47 por ciento de restauración 17-20 mientras que otros autores reportan que en pacientes con vertebroplastia hasta 85 por ciento de ellos observaron un aumento de altura de 47 por ciento (21-24). Quizás el aspecto más importante de resaltar a este respecto es que el alivio del dolor y la calidad de vida, no se vieron modificados por la restauración de la altura a los seis meses de uno u otro procedimiento (25).

En un estudio de Dublin et al, el ángulo de kifosis se corrigió en 7.4 grados con xifoplastia y en un 6 por ciento con vertebroplastia, mientras que el ángulo de acunamiento lo hizo en 4.3 grados contra 3.5 grados, respectivamente (21).

La incidencia de nuevas fracturas vertebrales después de estos procedimientos se ha calculado entre un 20-24 por ciento por año (especialmente en los primeros tres meses) con vertebroplastia (26,27) y entre 11 por ciento para fracturas

osteoporóticas primarias y 48 por ciento para fracturas inducidas por esteroides, después de xifoplastia (28). Taylor et al en una revisión sistemática concluyeron que la incidencia de nuevas fracturas vertebrales parece ser algo mayor después de xifoplastia (29).

Un punto a considerar es el costo. La xifoplastia por el dolor añadido que implica el inflar el balón dentro de la fractura ósea, por lo general requiere anestesia general y admisión por al menos una noche, mientras que la vertebroplastia se realiza con sedación mínima y el paciente puede irse a casa un par de horas después del procedimiento. El coste del equipo es al menos siete veces más alto para la xifoplastia. Se estima que en los Estados Unidos, el coste de la vertebroplastia es al menos 6,000 dólares menos que el de la xifoplastia, sin tener en cuenta que la mayor complejidad del procedimiento se traducirá en una exposición a la radiación mas prolongada para el paciente y el personal de quirófano.

Por último, la incidencia de complicaciones reportadas al *Food and Drug Administration* (FDA) entre 1999 y 2003 fue de 52, 29 de ellas consideradas como graves. Cinco pacientes fallecieron como resultado directo de la inyección de PMMA y se vieron asociadas con procedimientos en múltiples niveles. En el caso de la xifoplastia se realizaron 50,000 casos y se reportó un fallecimiento y 20 casos de compresión espinal permanente, mientras que con vertebroplastias transpediculares de 150,000 pacientes tratados, se reportaron tres fallecimientos y una compresión medular. Por otro lado, cuando la vertebroplastia se realizó por la aproximación parapédicular, para una descripción detallada de este procedimiento ver Benyamin et al (30), el número de casos fatales se elevó a cuatro (31).

Informes más recientes extraídos de la base de datos del FDA website entre 2005 y 2006 establecen que en estos años se realizaron un total de 370,000 vertebroplastias y 310,000 xifoplastias. En el primer grupo se reportaron dos muertes y un caso de paraplejía, mientras que en segundo grupo la cifra de muertos fue de 17, con 14 casos de paraplejía (www.fda.gov/cdrh/maude.html).

CUIDADOS POST-OPERATORIOS

Una vez concluido el procedimiento, se aplica presión en el sitio de la inserción de la aguja para obtener hemostasia. El paciente se moviliza, con extremo cuidado para evitar nuevas fracturas, a la camilla y se lleva la sala de recuperación, donde permanecerá por un tiempo aproximado de dos horas. Durante este período, se realizarán exámenes neurológicos cada 15 a 20 minutos. Una vez transcurridas las dos horas, el paciente puede enviarse a casa con instrucciones precisas de comunicarse con el médico operador o acudir a un servicio de urgencia, en caso de dolor severo en el área del procedimiento, déficit neurológico (incluyendo debilidad o disestesias en la extremidades inferiores, pérdida de control intestinal o de la micción) o desarrollo de un nuevo dolor radicular.

CONCLUSIÓN

El uso de las técnicas descritas en este artículo, es una de las experiencias más gratificantes para el médico. El alivio casi inmediato del dolor y el aumento de la movilidad del paciente se observan con frecuencia antes de que el mismo abandone la sala de recuperación. No es el procedimiento sino la experiencia del operador el que al final determina el resultado y las posibles complicaciones. Aunque no existen estudios prospectivos asignados al azar que comparen estas técnicas con terapias conservadoras, un gran número de cursos soportan su uso. Las dificultades éticas han impedido que este tipo de estudios se haya realizado, pero su diseño podría ofrecer evidencia de que el manejo mínimamente invasivo de las fracturas vertebrales disminuye la morbilidad y mortalidad de este grave problema de salud pública.

REFERENCIAS

1. The 2004 Surgeons General's report on Bone Health and Osteoporosis
2. Kuehn BM. Better osteoporosis management a priority. *JAMA* 2005;293:2453-58.
3. Kado DH, Browner WS, Palermo L, Nevitt MC, et al. Vertebral fractures and mortality in older women. *Arch Intern Med* 1999;159:1215-1220.

4. **Phillips FM.** Minimally invasive treatments of osteoporotic vertebral compression fractures. *Spine* 2003;28:545-553.
5. **Cauley JA, Thompson DE, Ensrud KC, Scott JC, Black D.** Osteoporosis Int. 2000;11:556-61.
6. **Bostrom MP, Lane JM.** Future directions: augmentation of osteoporotic vertebral bodies. *Spine* 1997;22:38S-42S.
7. **Sappalainen AM, Rajaniemi R.** Local neurotoxicity of methyl methacrylate among dental technicians. *Am J Ind Med* 1984;5:471-549.
8. **Hentschel SJ, Burton AW, Fournery DR, Rhines LD, Mendel E.** Percutaneous vertebroplasty and kyphoplasty performed at a cancer center: refuting proposed contraindications. *J Neurosurg Spine* 2005;2:436-4.
9. **Yeom JS, Kim WJ, Choy WS, Lee CK, Chang BS, Kang JW.** Leakage of cement in percutaneous transpedicular vertebroplasty for painful osteoporotic compression fractures. *J Bone Joint Surg* 2003;85B:83-89.
10. **Vallejo R, Benyamin R, Floyd B, Casto J, Joseph NJ, Mekhail N.** Percutaneous cement injection into a created cavity for the treatment of vertebral body fracture: preliminary results of a new vertebroplasty technique. *Clin J Pain* 2006;22:182-9.
11. **Tomita S, Molloy S, Abe M, et al.** Ex-vivo measurement of intravertebral pressure during vertebroplasty. *Spine* 2004;29:723-725.
12. **Phillips FM, Wetzel TF, Lieberman I, et al.** An in vivo comparison of the potential for extravertebral cement leak after vertebroplasty and kyphoplasty. *Spine*. 2002 ;1;27:2173-8.
13. **Vasconcelos C, Gailloud P, Beauchamp NJ, et al.** Is percutaneous vertebroplasty without pretreatment venography safe? Evaluation of 205 consecutive procedures. *AJNR* 2002;23:913-7.
14. **Gaughen JR Jr, Jensen ME, Schweickert PA.** Relevance of antecedent venography in percutaneous vertebroplasty for the treatment of osteoporotic compression fractures. *AJNR* 2002; 23:594-600.
15. **Togawa D, Kovacic JJ, Bauer TW, et al.** Radiographic and histologic findings of vertebral augmentation using polymethylmethacrylate in the primate spine: percutaneous vertebroplasty versus kyphoplasty. *Spine*. 2006, 1; 31:E4-10.
16. **Grohs JG, Matzner M, Trieb K, Krepler P.** Treatment of intravertebral pseudarthroses by balloon kyphoplasty. *J Spinal Disord Tech*. 2006; 19:560-5.
17. **Lieberman IH, Dudeney S, Reinhardt MK.** Initial outcome and efficacy of "kyphoplasty" in the treatment of painful osteoporotic vertebral compression fractures. *Spine*. 2001, 15; 26:1631-8.
18. **Belkoff SM, Mathis JM, Fenton DC, et al.** An ex vivo biomechanical evaluation of an inflatable bone tamp used in the treatment of compression fracture. *Spine*. 2001, 15;26:151-6.
19. **Garfin SR, Yuan HA, Reiley MA.** New technologies in spine: kyphoplasty and vertebroplasty for the treatment of painful osteoporotic compression fractures. *Spine* 2001, 15; 26:1511-5.
20. **Theodorou DJ, Theodorou SJ, Duncan TD, Garfin SR, Wong WH.** New technologies in spine: kyphoplasty and vertebroplasty for the treatment of painful osteoporotic compression fractures. *Spine* 2001, 15; 26:1511-5.
21. **Dublin AB, Hartman J, Latchaw RE, Hald JK, Reid MH.** The vertebral body fracture in osteoporosis: restoration of height using percutaneous vertebroplasty. *AJNR* 2005; 26:489-92.
22. **Teng MM, Wei CJ, Wei LC, Luo CB, Lirng JF, Chang FC, Liu CL, Chang CY.** Kyphosis correction and height restoration effects of percutaneous vertebroplasty. *AJNR* 2003; 24:1893-900.
23. **Hiwatashi A, Moritani T, Numaguchi Y, Westesson PL.** Increase in vertebral body height after vertebroplasty. *AJNR* 2003; 24:185-9.
24. **McKiernan F, Jensen R, Faciszewski T.** The dynamic mobility of vertebral compression fractures. *J Bone Miner Res* 2003; 18:24-9.
25. **McKiernan F, Faciszewski T, Jensen R.** Latent mobility of osteoporotic vertebral compression fractures. *J Vasc Interv Radiol* 2006; 17:1479-87.
26. **Lindsay R, Silverman SL, Cooper C.** Risk of new vertebral fracture in the year following a fracture. *JAMA* 2001, 17; 285:320-3.
27. **Voormolen MH, Lohle PN, Lampmann LE, et al.** Prospective clinical follow-up after percutaneous vertebroplasty in patients with painful osteoporotic vertebral compression fractures. *J Vasc Interv Radiol* 2006; 17:1313-20.
28. **Harrop JS, Prpa B, Reinhardt MK, Lieberman I.** Primary and secondary osteoporosis' incidence of subsequent vertebral compression fractures after kyphoplasty. *Spine* 2004, 1; 29:2120-5.
29. **Taylor RS, Taylor RJ, Pritzell P.** Balloon kyphoplasty and vertebroplasty for vertebral compression fractures: a comparative systematic review of efficacy and safety. *Spine* 2006,1;31:2747-55.
30. **Benyamin R, Vallejo R.** Vertebroplasty Techniques in Regional Anesthesia and Pain Management. 2005;2:62-67.
31. **Nussbaum et al, J Vas Interv Radiol** 2004.A review of Complications Associated with Vertebroplasty and Kyphoplasty as Reported to the FDA Medical Device Related Web Site.