

# Vertebroplastia: indicaciones y técnica

ÁLVAREZ GALOVICH, L.\*, y PÉREZ-HIGUERAS, A.\*\*

\*Servicio de COT. \*\* Servicio de Neurorradiología. Fundación Jiménez Díaz. Madrid.

**RESUMEN:** En este artículo se realiza una puesta al día de la utilización de la vertebroplastia en el tratamiento de diferentes patologías vertebrales. Mediante una revisión bibliográfica y aplicando los conocimientos adquiridos durante los últimos 6 años, se describen las indicaciones más aceptadas en el momento actual, la técnica utilizada y las complicaciones descritas. Finalmente se comentan algunos aspectos sobre el futuro de este procedimiento.

**PALABRAS CLAVE:** *Vértebra. Fractura. Osteoporosis. Hemangioma. Mieloma múltiple. Metástasis. Tratamiento. Técnicas percutáneas. Cirugía mínimamente invasiva. PMMA. Cemento.*

## Vertebroplasty: Indications and technique

**ABSTRACT:** The use of vertebroplasty in the treatment of different vertebral diseases is updated. Based on a review of the literature and knowledge acquired from six years of experience, the currently accepted indications, technique, and complications are described. Aspects of the future of this procedure are discussed.

**KEY WORDS:** *Vertebra. Fracture. Osteoporosis. Hemangioma. Multiple myeloma. Metastasis. Treatment. Percutaneous techniques. Minimally invasive surgery. PMMA*

La vertebroplastia percutánea es la inyección de un cemento de polimetil-metacrilato (PMMA) en el interior de un cuerpo vertebral frágil o fracturado, con lo que se consigue dar una mayor fuerza y estabilidad a la vértebra, evitando la progresión del colapso y el dolor. Esta técnica fue utilizada por primera vez en 1987 por Galibert et al<sup>1</sup> en el tratamiento de hemangiomas vertebrales dolorosos, mielomas y lesiones metastásicas, y con ella obtuvieron unos magníficos resultados respecto al manejo del dolor. Posteriormente, en 1991 se publicaron los primeros resultados obtenidos en el tratamiento de las fracturas vertebrales por osteoporosis<sup>2</sup>. Desde entonces el uso de este procedimiento ha ido en aumento progresivo debido a los buenos resultados obtenidos, con

una mejoría importante del dolor en más del 80% de los casos<sup>3-6</sup>.

Desde 1995 se han tratado en nuestro centro más de 200 pacientes con diferentes diagnósticos. Gracias a esta experiencia se ha podido mejorar la técnica y los criterios de selección de los pacientes. En este artículo se revisa la situación actual de este procedimiento a la luz de la literatura revisada y aplicando los conocimientos obtenidos durante estos años.

## INDICACIONES

La principal indicación de la vertebroplastia es el tratamiento del dolor producido por el colapso de un cuerpo vertebral en los casos de las fracturas aplastamiento vertebral por osteoporosis y las lesiones osteolíticas metastásicas que afectan los cuerpos vertebrales (incluyendo los mielomas). Así mismo ha demostrado una gran eficacia en el manejo de los hemangiomas vertebrales dolorosos. El objetivo final de este procedimiento es la mejoría clínica del paciente, aliviando el dolor rápidamente y mejorando la función. Esta técnica no está ideada para mejorar las deformidades producidas en el plano sagital.

### Correspondencia:

Dr. L. ÁLVAREZ GALOVICH.  
Servicio de COT.  
Fundación Jiménez Díaz.  
Avda. Reyes Católicos, 2.  
28040 Madrid. España.  
e-mail: lalvarez@fjd.es

Recibido: Septiembre de 2001.  
Aceptado: Diciembre de 2001.

### *Metástasis osteolíticas y Mieloma*

Las metástasis y los mielomas son las lesiones tumorales óseas más frecuentes, y la columna es la región del cuerpo más comúnmente afectada. La manifestación clínica habitual es el dolor grave de intensidad creciente. La pauta de tratamiento en estos pacientes se engloba dentro de un trabajo multidisciplinar, en el que se debe valorar, con criterios oncológicos, la necesidad de tratamiento mediante radioterapia, cirugía, vertebroplastia o la combinación de varios procedimientos. La decisión final dependerá de factores como la clínica, las características del tumor, el grado de diseminación de la enfermedad, el estado general de salud y la supervivencia prevista.

Por lo general, en aquellos pacientes en los cuales no se observa un colapso vertebral ni déficit neurológico severo está indicado el tratamiento mediante radioterapia. Así mismo, en pacientes con déficit neurológico leve o dolor secundario a infiltración de partes blandas adyacentes, pero en los que no se observan signos de inestabilidad, la respuesta al tratamiento mediante radioterapia ha demostrado ser efectiva<sup>7-9</sup>. Igualmente, en aquellos pacientes con metástasis múltiples, la irradiación del hemicuerpo puede ser efectiva en mejorar las molestias independientemente de la progresión de la enfermedad<sup>10</sup>.

Sin embargo, con la radioterapia, los pacientes no empiezan a tener una clara mejoría de su sintomatología hasta pasadas una o 2 semanas del tratamiento. Además, la radioterapia no produce un fortalecimiento de la estructura ósea hasta pasados de 2 a 4 meses desde el inicio del tratamiento, lo que aumenta el riesgo del colapso del cuerpo vertebral, con una reagudización de la sintomatología y el riesgo añadido de ocupación del canal neural<sup>8</sup>.

En los pacientes en los que desde un principio es aparente un colapso severo del cuerpo vertebral o existen claros signos de inestabilidad, la eficacia de la radioterapia es igualmente limitada. En estos casos, las únicas opciones terapéuticas posibles son el reposo en cama y analgésicos, con la limitación funcional que esto supone.

La vertebroplastia es una técnica que se ha indicado fundamentalmente en aquellos casos de lesión vertebral que no muestren una buena respuesta al dolor con radioterapia y cuando exista un riesgo de inestabilidad de la columna<sup>11-13</sup>. Esta técnica se puede utilizar de manera complementaria a la radioterapia, ya que esta no interfiere en las propiedades mecánicas del cemento<sup>14</sup>. La vertebroplastia ha demostrado ser eficaz en la reducción del dolor entre el 75 al 90% de los casos<sup>6,11-13,15,16</sup>. La mejoría clínica, por lo general se observa durante las primeras 72 horas y se mantiene en el tiempo sin riesgo de que progrese el colapso vertebral. La presencia de una lesión osteolítica extensa que afecte el muro posterior, no contraindica la realización del procedimiento, siempre y cuando no exista afectación neurológica previa<sup>15,17</sup>.

### *Hemangioma vertebral*

El hemangioma vertebral es una lesión benigna frecuente que generalmente es asintomática y que se suele diagnosticar como un hallazgo casual radiológico. En algunas ocasiones, sin embargo, se puede tratar de una lesión que produzca dolor de forma constante y con una mala respuesta al tratamiento médico. Asimismo, existen algunos casos de hemangiomas vertebrales que se comportan de una forma localmente muy agresiva<sup>18</sup>, produciendo ocupación del canal neural con compresión neurológica (fig. 1).

El tratamiento mediante vertebroplastia en pacientes con dolor refractario al tratamiento médico ha demostrado una excelente efectividad con mejoría completa del dolor más del 90% de los casos<sup>1,5,16,19,20</sup>. El mayor problema que existe para conseguir éxito en el tratamiento es llegar a un diagnóstico de certeza de que es el hemangioma, y no otra, la causa del dolor<sup>6</sup>. En nuestra experiencia, la mayoría de los casos fallidos se trataban de hemangiomas vertebrales en pacientes en los que existían otras patologías adyacentes, como estenosis de canal lumbar o escoliosis degenerativa.

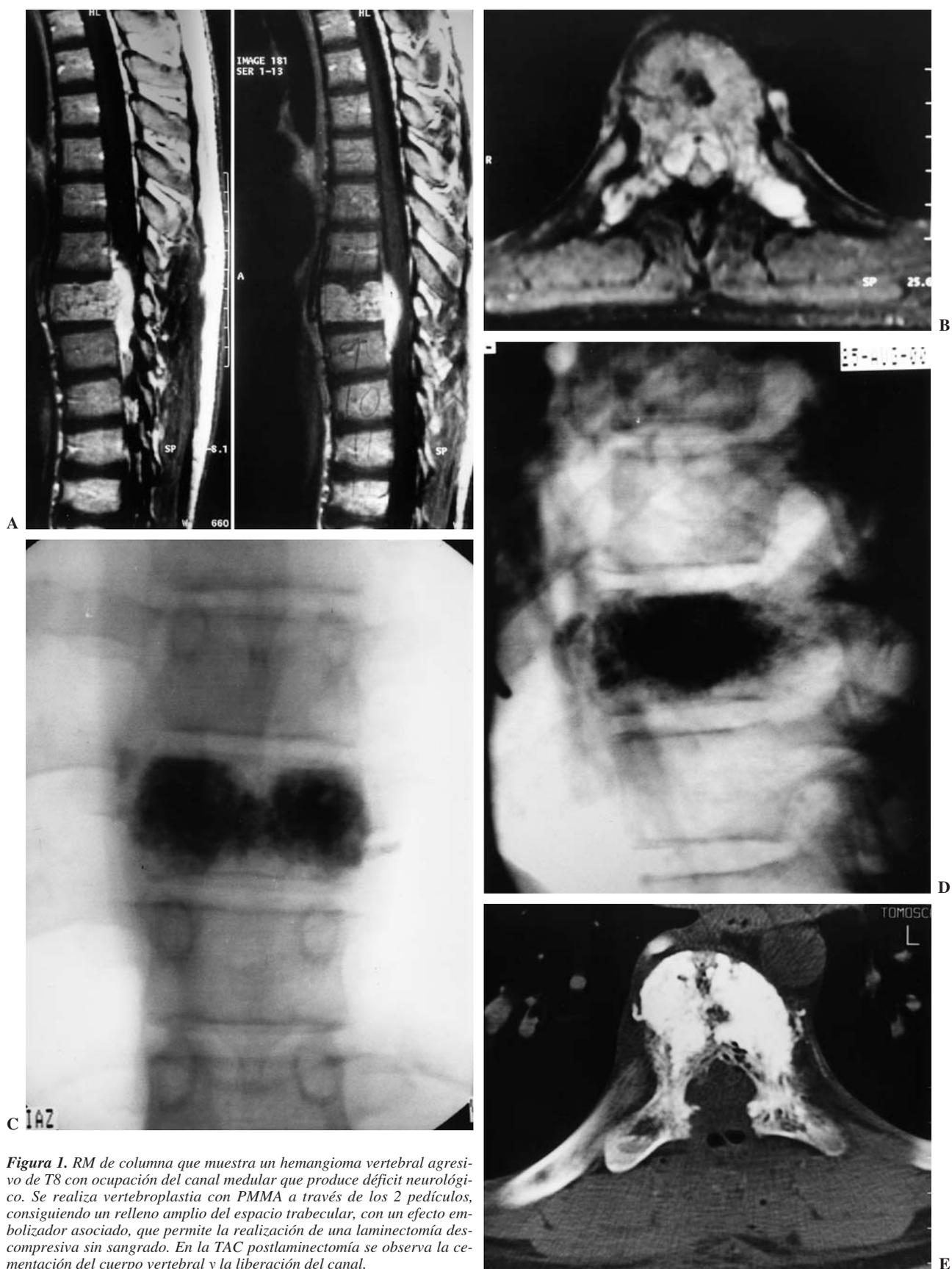
En aquellos casos en los que se encuentra asociada a la lesión una afectación neurológica, es necesaria la descompresión quirúrgica de la zona<sup>17,21,22</sup>; la vertebroplastia puede ser utilizada previamente a la descompresión quirúrgica (fig. 1), pues el efecto embolizador de la vertebroplastia permite que el procedimiento quirúrgico se realice sin apenas sangrado<sup>23,24</sup>.

### *Fractura por osteoporosis*

La osteoporosis es la enfermedad ósea metabólica más frecuente, que afecta a más del 30% de la población femenina por encima de los 65 años de edad, y se espera que su incidencia se cuadruplica en la población mundial durante los próximos 50 años<sup>25</sup>. Las fracturas vertebrales por osteoporosis provocan un dolor agudo y continuo que producen una gran limitación para el desarrollo de las actividades diarias de las personas<sup>26</sup>. Por lo general, el tratamiento con reposo, analgésico y el uso de soportes externos es efectivo en el 85% de los casos en un periodo entre 2 y 12 semanas<sup>27</sup>. Sin embargo, en algunos casos, el dolor es persistente y muy incapacitante, requiriendo para su manejo el uso de narcóticos.

En estos casos, el tratamiento mediante vertebroplastia de las vértebras fracturadas ha demostrado una gran efectividad, con disminución del dolor hasta en el 90% de los casos<sup>5,28</sup>. Estos efectos son duraderos en el tiempo, habiéndose demostrado que en las vértebras cementadas no hay progresión del colapso<sup>6,29,30</sup> y que no existe un mayor riesgo de fractura en las vértebras adyacentes a las cementadas<sup>29</sup>.

Aunque los criterios de selección no han sido claramente descritos en la literatura, tras la revisión de los primeros 104 casos de fracturas vertebrales por osteoporosis tratados en nuestro Centro<sup>6</sup>, podemos recomendar esta técnica en



**Figura 1.** RM de columna que muestra un hemangioma vertebral agresivo de T8 con ocupación del canal medular que produce déficit neurológico. Se realiza vertebroplastia con PMMA a través de los 2 pedículos, consiguiendo un relleno amplio del espacio trabecular, con un efecto embolizador asociado, que permite la realización de una laminectomía descompresiva sin sangrado. En la TAC postlaminectomía se observa la cementación del cuerpo vertebral y la liberación del canal.

aquellos pacientes que cursen con dolor severo e incapacitante que no responda al tratamiento médico y en los que se realice siempre a la confirmación mediante RM de afectación del cuerpo vertebral. La imagen de RM es fundamental para la correcta localización de la lesión, especialmente en aquellos casos en los que aparecen múltiples aplastamientos vertebrales. Algunos autores recomiendan el uso combinado de la gamagrafía ósea<sup>31</sup>, sin embargo nos parece que esta técnica es menos específica para localizar el nivel lesionado.

Aunque inicialmente la técnica fue desarrollada para el tratamiento de pacientes que no respondían al tratamiento médico habitual durante varias semanas<sup>5,32,33</sup>, los resultados obtenidos y el escaso número de complicaciones que se observan, hacen que cada vez se indique su utilización de forma más aguda<sup>17,19</sup>.

Existen pocas contraindicaciones absolutas para el uso de esta técnica. Por lo general se pueden esperar peores resultados en aquellos pacientes que tienen una afectación de más del 50% de la altura del cuerpo vertebral<sup>29</sup>, y suele ser ineficaz en los casos de vértebra plana.

En el momento actual no está considerada como una técnica profiláctica que evite el desarrollo de una compresión en vértebras osteoporóticas, ya que, aunque en pacientes con una osteoporosis desarrollada, existe un riesgo elevado de que se desarrolle una fractura aplastamiento en algunos segmentos de la columna, en el momento actual no existe ninguna técnica lo suficientemente desarrollada para predecir que vértebra va a sufrir dicho aplastamiento como para justificar un tratamiento profiláctico<sup>34</sup>.

## Técnica

Durante los últimos años se han desarrollado tanto en Europa como en los Estados Unidos diferentes técnicas de realización de vertebroplastias percutáneas<sup>5,17,19,35,36</sup>. Todas ellas tienen, sin embargo, una base similar a la inicialmente ideada, y realmente las diferencias radican en la posibilidad de utilizar diferentes instrumentales que se han creado para ello. El procedimiento tiene 3 fases: colocación de la cánula en el cuerpo vertebral, realización de una vertebrografía e inyección del cemento

### Colocación de la cánula

Para poder situar la cánula en el interior del cuerpo vertebral es imprescindible la utilización de un fluoroscopio o un escáner<sup>37</sup>. Es aconsejable utilizar un fluoroscopio de alta calidad que permita ampliar la imagen de la zona a tratar y la realización de vertebrografías de sustracción digital. Con esto se va a conseguir mejorar la imagen que muestra el relleno del hueso trabecular y, más importante, la localización del complejo venoso epidural.

El procedimiento se realiza habitualmente bajo neuroleptoanalgesia con el paciente situado en decúbito prono. La

duración es de apenas media hora por vértebra tratada. Dependerá por tanto de las características del paciente (edad, antecedentes personales, estado de ansiedad), el grado de sedación que sea necesario. Todo el proceso se realiza bajo condiciones estériles similares a las utilizadas en una cirugía abierta.

Por lo general, la vía transpedicular es la más frecuentemente utilizada. Se trata de la vía de elección en las vértebras torácicas y última vértebra lumbar. Con esta vía se evita el riesgo de lesiones nerviosas y se disminuye el riesgo de extravasación de cemento al espacio paravertebral. Para el resto de las vértebras lumbares puede utilizar tanto una vía transpedicular como una vía posterolateral

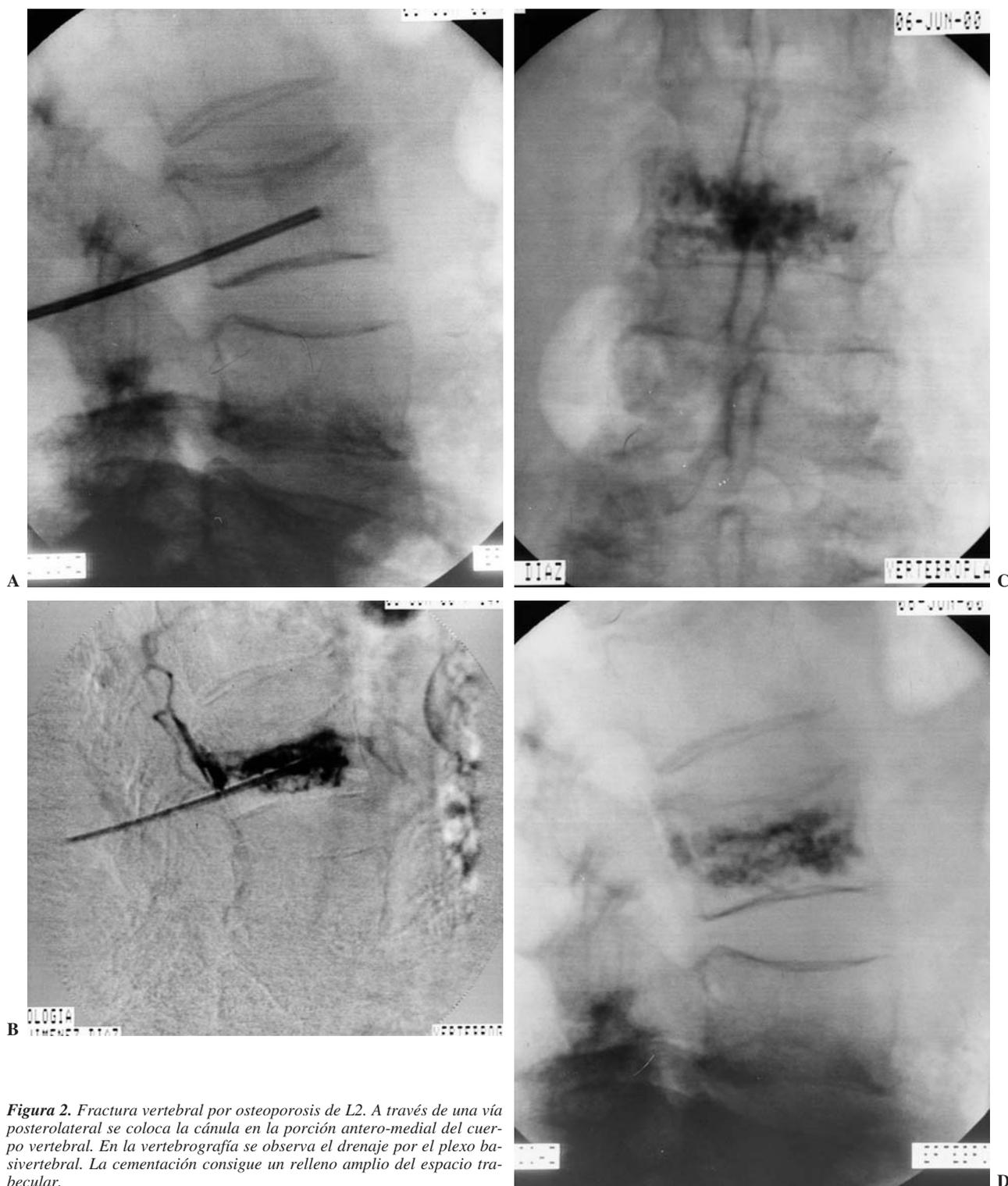
Habitualmente, para la inyección del cemento, se utilizan agujas de 10 a 14 gauges, dependiendo de los sistemas utilizados. Para la colocación del catéter por vía transpedicular, una vez situado el paciente, se localizará la entrada del pedículo en una imagen antero-posterior de la vértebra y se procede a entrar desde el tercio externo del pedículo. Se realiza la progresión del catéter con la ayuda de un pequeño martillo, comprobando sucesivamente, tanto en la proyección antero-posterior como en la lateral, la dirección de la aguja, que debe ser paralela al platillo superior y dirigiéndose a la porción antero-medial del cuerpo vertebral. Utilizando esta vía es recomendable realizar la cementación a través de los 2 pedículos para conseguir un relleno más uniforme de toda la superficie del cuerpo vertebral.

En el caso de utilizar una vía posterolateral, se dirigirá la aguja hacia el tercio anterior del cuerpo vertebral hasta la línea media, consiguiéndose de esta forma un relleno más uniforme y completo de todo el volumen vertebral.

## Vertebrografía

Una vez colocada la aguja es imprescindible realizar una vertebrografía, utilizando entre 3 a 5 cc de contraste. La vertebrografía sirve para descartar la presencia de una fractura del muro posterior, que contraindica el procedimiento, así como para delimitar el drenaje venoso del cuerpo vertebral, tanto por la vena segmentaria lateral, como por el plexo basivertebral. El plexo basivertebral tiene su salida a través de una depresión en la pared posterior del cuerpo vertebral, drenando hacia el plexo venoso epidural anterior; en una radiografía lateral, la salida se encuentra por delante del borde posterior del cuerpo, por lo que no se consigue ver bien y la vertebrografía permite identificar este punto de salida (fig. 2), que deberá ser controlado durante la inyección del cemento, para evitar una extravasación excesiva del mismo al espacio epidural.

Durante la realización de la vertebrografía se puede observar que existe una fuga del contraste hacia el disco. Este hecho no contraindica la realización de la vertebroplastia. Otro posible hallazgo es la presencia de un quiste en el interior del cuerpo vertebral en los casos de osteonecrosis (en-



**Figura 2.** Fractura vertebral por osteoporosis de L2. A través de una vía posterolateral se coloca la cánula en la porción antero-medial del cuerpo vertebral. En la vertebrografía se observa el drenaje por el plexo basivertebral. La cementación consigue un relleno amplio del espacio trabecular.

fermedad de Kummell). Habitualmente contienen un líquido color pajizo que se puede aspirar con facilidad. En estos casos, la inyección del cemento se realiza prácticamente sin resistencia. Por último, existe la posibilidad de que al realizar la vertebrografía exista un drenaje rápido y directo del

contraste a la vena cava, sistema venoso paravertebral o sistema acigos sin que se produzca un relleno del espacio trabecular del cuerpo vertebral. En estos casos, la progresión de la aguja a una situación más anterior suele ser suficiente para evitar el drenaje directo a la circulación central.

## Vertebroplastia

La inyección del cemento se debe realizar siempre bajo control directo y continuo de escopia. Existen múltiples tipos de cementos en el mercado, y en el momento actual no existe ningún estudio que haya demostrado que exista alguna ventaja de alguno de ellos sobre los demás. Los autores prefieren la utilización de un cemento de fraguado lento con gentamicina añadida para todos los casos, al cuál se agrega un gramo de tungsteno en polvo para aumentar la radiopacidad durante el procedimiento. El cemento se prepara sobre un cazo con suero frío para aumentar el tiempo de fraguado, que llega a ser de 20 minutos.

Existen varios mecanismos para realizar la inyección del cemento: la inyección directa manual, la inyección mediante un sistema de pistola<sup>5,38</sup> o la inyección mediante un sistema de tuerca<sup>6</sup>. Los autores prefieren el uso de los sistemas de tuerca porque permiten una inyección del cemento más lenta y controlada. Con los sistemas manuales o de pistola es difícil evitar que se produzca una extravasación masiva de cemento a la circulación central en el caso de que se produzca durante el procedimiento una comunicación repentina con el sistema basivertebral, y con ello una disminución brusca de la presión de inyección. Además, con los sistemas de tuerca se consigue una presión mas elevada de inyección que con los otros sistemas, por los que se pueden utilizar agujas mas finas (14 G).

Durante el proceso de inyección debe observarse el relleno del espacio trabecular cuidadosamente. En el caso de existir una extravasación, se debe para y esperar durante un par de minutos para dar tiempo a que el cemento inicie un proceso de fraguado y selle las fugas. Se debe mantener una imagen de la vertebrografía para confirmar que el cemento sigue el mismo patrón de relleno. El proceso de cementación debe intentar conseguir un relleno lo más amplio posible del espacio trabecular, sin embargo, es más importante evitar fugas de cemento que conseguir un relleno completo del cuerpo vertebral, ya que el volumen inyectado de cemento no se correlaciona directamente con la fuerza anti-compresión conseguida<sup>15,39-41</sup>.

Una vez acabado el proceso de cementación, el paciente se mantiene en reposo durante las primeras horas, permitiéndose la movilización según tolerancia. Es recomendable realizar un estudio de control mediante TAC de la vértebra tratada, para comprobar el relleno y la presencia de extravasaciones. Por lo general, los pacientes pueden ser dados de alta al día siguiente realizando la deambulacion y con analgesia dependiente del grado de dolor. Posteriormente, se podrán ir incorporando de forma progresiva a sus actividades diarias.

## Contraindicaciones

Las vertebroplastias no se deberían realizar en aquellos centros en los que no se pueda realizar una cirugía descom-

presiva de urgencia en el caso de que esta fuera necesaria. Se consideran otras contraindicaciones relativas la presencia de una coagulopatía, la destrucción masiva de un cuerpo vertebral por una lesión tumoral o la presencia de compresión del canal neural.

## Complicaciones

El número de complicaciones descritas en la literatura utilizando esta técnica es muy bajo. En algunas ocasiones se ha descrito un aumento del dolor durante las primeras horas desde la inyección del cemento<sup>3,15</sup>. Sin embargo, las complicaciones más serias están relacionadas con la fuga del cemento del cuerpo vertebral, tanto por extravasación directa como por su salida por los plexos venosos (fig. 3).

Cotten et al<sup>15</sup> demostraron la presencia de fuga de cemento, tanto cortical como venosa en 29 de 40 pacientes tratados por metástasis o mieloma y en los que se realizó una TAC después del procedimiento. La mayoría de estas fugas fueron asintomáticas, pero 2 de las 8 fugas que se encontraban en el foramen, precisaron de tratamiento quirúrgico mediante descompresión. Posteriormente, revisando una serie más grande de pacientes<sup>42</sup>, describen un caso de compresión medular de 258 pacientes tratados y 13 casos de dolor radicular de los cuales solo 3 precisaron de tratamiento quirúrgico y el resto mejoró con tratamiento antiinflamatorio. La mayoría de los autores reportan una baja incidencia de neuritis transitoria de entre 0 y 6%<sup>15,17,32, 36,37,42</sup>, aunque existen casos de fugas masivas que precisaron de una cirugía descompresiva de urgencias<sup>43</sup>.

La presencia de extravasación de cemento dentro del plexo basivertebral no interfiere en el éxito de la técnica. Teóricamente el calor emitido por el cemento en su proceso de polimerización podría lesionar las estructuras nerviosas, sin embargo, como Wang et al<sup>44</sup> demostraron en un estudio



Figura 3. TAC post-vertebroplastia en la que se observa la presencia de cemento en el plexo basivertebral. El paciente está asintomático.

en perros, parece que tanto la presencia del ligamento vertebral común posterior, que actúa como barrera, así como el flujo continuo del líquido cefaloraquídeo que actúa como refrigerante, eviten que la temperatura alcanzada localmente sea la suficiente para provocar dicha lesión<sup>45</sup>.

Otras complicaciones descritas en la literatura incluyen fracturas costales, hematomas paravertebrales, abscesos epidurales, compresión esofágica en una vertebroplastia a nivel cervical y embolismo pulmonar. Este último es producido por la extravasación masiva de cemento a la circulación central<sup>46</sup>.

## Futuro

Esta técnica ha evolucionado de forma muy rápida durante los últimos años, y hemos tenido la oportunidad de ver como hemos pasado de ver en la literatura artículos que recogían de forma retrospectiva series cortas<sup>1,2</sup> a como empiezan a surgir estudios prospectivos con series mas largas<sup>3</sup>. Con ello es de esperar que empecemos a tener un mejor conocimiento de los resultados a largo plazo y se puedan desarrollar unos mejores criterios de inclusión.

Existen 2 campos de investigación actualmente en desarrollo: los bio-cementos y las cifoplastias

Los bio-cementos son cementos de fosfato cálcico que pueden ser inyectados de forma líquida y que se endurecen a temperatura corporal. Se desarrollaron inicialmente para el relleno de cavidades óseas y tienen como característica el que son productos totalmente reabsorbibles. Se han hecho algún experimento *in vitro* donde se ha demostrado que el producto, una vez fraguado, es capaz de conseguir un refuerzo de la estructura ósea similar a los cementos de PM-MA<sup>39,47,48</sup>. Queda, sin embargo, por delimitar su aplicación en personas y sus indicaciones clínicas. En nuestra experiencia, hemos encontrado muchas dificultades en su utilización en animales de experimentación por 2 motivos: cuando la mezcla obtenida es de las características de viscosidad recomendadas por los fabricantes, la presión ejercida para la inyección del producto provoca la separación de las fases sólida y líquida dentro del catéter, produciendo el taponamiento del mismo. Sin embargo, cuando la mezcla obtenida es más líquida y la inyección se hace efectiva, el producto es «lavado» del cuerpo vertebral por el flujo sanguíneo, por lo que no se consigue el efecto de refuerzo de la estructura que se persigue.

Así mismo, teniendo en cuenta los magníficos resultados obtenidos con el uso de los actuales cementos de PM-MA, queda por delimitar las ventajas de los cementos absorbibles, que pudieran no evitar la progresión del colapso de una vértebra tratada<sup>47</sup>. Es posible, sin embargo, que el desarrollo de estos productos tengan una gran utilidad en el futuro como tratamiento profiláctico más que como tratamiento de los síntomas.

La cifoplastia es una técnica por la que se intenta, no solo tratar el dolor provocado por una fractura vertebral por

osteoporosis, sino restaurar el plano sagital producido por el acunamiento o compresión del cuerpo vertebral. La técnica consiste en la colocación de un balón de alta presión en el cuerpo vertebral afectado que, al hincharse, restaura la altura del cuerpo vertebral, realizándose posteriormente un relleno del espacio con cemento. Los resultados obtenidos inicialmente parecen similares a los de la vertebroplastia respecto a la mejoría de la situación funcional<sup>49,50</sup>. Se tratan, sin embargo, de resultados preliminares de una técnica en desarrollo, y por lo tanto se debe ser cauto a la hora de valorar los resultados.

## BIBLIOGRAFÍA

- Galibert P, Deramond H, Rosat P, Le Gars D. Preliminary note on the treatment of vertebral angioma as well as painful and debilitating diseases. *Neurochirurgie* 1987;33:166-8.
- Debussche-Depriester C, Deramond H, Fardellone P. Percutaneous vertebroplasty with acrylic cement in the treatment of osteoporotic vertebral crush fracture syndrome. *Neuroradiology* 1991;33(Suppl):149-52.
- Cortet B, Cotten A, Boutry N, Flipo RM, Duquesnoy B, Chastanet P, et al. Percutaneous vertebroplasty in the treatment of osteoporotic vertebral compression fractures: An open prospective study. *J Rheumatol* 1999;26:2222-8.
- Gangi A, Dietemann JL, Guth S, Steb JP, Roy, C. Computed tomography (CT) and fluoroscopy-guided vertebroplasty: Results and complications in 187 patients. *Semin Intervent Radiol* 1999;16:137-42.
- Jensen ME, Evan 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;18:1897-904.
- Pérez-Higuera A, Rossi R, Álvarez L. Vertebroplastia percutánea: Técnica y resultados. Punta del Este, Uruguay, 4 Congreso de la SILAN, Diciembre 2000; 81.
- Gilbert RW, Kim JH, Posner JB. Epidural spinal cord compression from metastatic tumor. *Ann Neurol* 1978;3:40-51.
- Tomita T, Galicich JH, Sundaresan N. Radiation therapy for spinal epidural metastasis with complete block. *Acta Radiol* 1983;22:135-43.
- Weinstein JN, Collalto P, Lehmann TR. Long-term follow-up of nonoperatively treated thoracolumbar spine fractures. *J Orthop Trauma* 1988;3:152-9.
- Fitzpatrick PJ, Rider WD. Half body radiotherapy. *Int J Radiat Oncol Biol Phys* 1976;1:197-207.
- Kaemmerlen P, Thiesse P, Bouvard H, Biron P, Mornex F, Jonas P. Percutaneous vertebroplasty in the treatment of metastases. *Technic and results. J Radiol* 1989;70:557-62.
- Lapras C, Mottolese C, Deruty R, Lapras C Jr; Remond J, Duquesnel J. Injection percutanee de methylmethacrylate dans le traitement de l'ostoporose et osteolyse vertebrale grave. *Ann Chir* 1989;43:371-6.
- Weill A, Chiras J, Simon JM, Rose M, Sola-Martinez T, Enkaoua E. Spinal metastases: indications for and results of percutaneous injection of acrylic surgical cement. *Radiology* 1999;199:241-7.
- Murray JA, Ruels MC, Lindberg R. Irradiation of polymethylmethacrylate. *J Bone Joint Surg (Am)* 1974;56:311-2.

15. Cotten A, Dewatre F, Cortet B, Assaker R, Leblond D, Duquesnoy B, et al. Percutaneous vertebroplasty for osteolytic metastases and myeloma: Effects of percentage of lesion filling and the leakage of methyl methacrylate at clinical follow-up. *Radiology* 1996;200:525-30.
16. Martin JB, Jean B, Sugiu K, San Millan Ruiz D, Piotin M, Murphy K, et al. Vertebroplasty: Clinical experience and follow-up results. *Bone* 1999;25(2 Suppl):11S-5.
17. Deramond H, Depriester C, Galibert P, Le Gars D. Percutaneous vertebroplasty with polymethylmethacrylate. Technique, indications and results. *Radiol Clin North Am* 1998;36:533-46.
18. Mohan V, Gupta SK, Tuli SM, Sanyal B. Symptomatic vertebral hemangiomas. *Clin Radiol* 1980;31:575-9.
19. Gangi A, Kastler BA, Dietemann JJ. Percutaneous vertebroplasty guided by a combination of CT and fluoroscopy. *Am J Neuroradiol* 1994;15:83-6.
20. Nicola N, Lins E. Vertebral hemangioma: retrograde embolization-stabilization with methyl methacrylate. *Surg Neurol* 1987;27:481-6.
21. Cotten A, Deramond H, Cortet B, Lejeune JP, Leclerc X, Chastanet P, Clarisse J. Preoperative percutaneous injection of methyl methacrylate and N-butyl cyanocrylate intervertebral hemangiomas. *Am J Neuroradiol* 1996;17:137-42.
22. Dufresne AC, Brunet E, Sola-Martinez MT, Rose M Chiras J. Percutaneous vertebroplasty of the cervico-thoracic junction using an anterior route. Technique and results. Report of nine cases. *J Neuroradiol* 1998;25:123-8.
23. Guelbenzu S, Gomez J, Garcia-Asensio S, Barrena R, Ferrandez D. Preoperative percutaneous vertebroplasty in hemangioma compression. *Rev Neurol* 1999;28:397-400.
24. Trystram D, Aymard A, Godon Hardy S, Cioloca C, Fredy D, Meder J. Preoperative devascularization of a vertebral metastasis with a spinal artery at the same level. *J Radiol* 2000;81:250-3.
25. Riggs BL, Melton LJ. The worldwide problem of osteoporosis: Insights afforded by epidemiology. *Bone* 1995;17(Suppl):505-11.
26. Lyles KW, Gold DT, Shipp KM, Pieper CF, Martínez S, Mulhausen PL. Association of osteoporotic vertebral compression fractures with impaired functional status. *Am J Med* 1993;94:595-601.
27. Rapado A. General management of vertebral fractures. *Bone* 1996;18(Suppl):191-6.
28. Levine SA, Perin LA, Hayes D, Hayes WS. An evidence-based evaluation of percutaneous vertebroplasty. *Manag Care* 2000;9:56-60.
29. Álvarez L, Pérez-Higueras A. Vertebroplastia en el tratamiento de fracturas vertebrales por osteoporosis, 6 Congreso Iberoamericano de Columna (SILACO), Mayo 2001; 4.
30. Grados F, Depriester C, Cayrolle G, Hardy N, Deramond H, Fardellone P. Long-term observations of vertebral osteoporotic fractures treated by percutaneous vertebroplasty. *Rheumatology (Oxford)* 2000;39:1410-4.
31. Maynard AS, Jensen ME, Schweickert PA, Marx WF, Short JG, Kallmes DF. Value of bone scan imaging in predicting pain relief from percutaneous vertebroplasty in osteoporotic vertebral fractures. *Am J Neuroradiol* 2000; 21:1807-12.
32. Chiras J, Depriester C, Weill A, Sola-Martinez MT, Deramond H. Percutaneous vertebral surgery: techniques and indications. *J Neuroradiol* 1997;24:45-59.
33. Mathis JM, Petri M, Naff N. Percutaneous vertebroplasty treatment of steroid induced osteoporotic compression fractures. *Arthritis Rheum* 1998;41:171-5.
34. Wehrli FW, Ford JC, Haddad JG. Osteoporosis: clinical assessment with quantitative MR imaging in diagnosis. *Radiology* 1995;196:631-41.
35. Al-Assir I, Perez-Higueras A, Florensa J, Muñoz A, Cuesta E. Percutaneous vertebroplasty: a special syringe for cement injection. *AJNR Am J Neuroradiol* 2000;21:159-61.
36. Cotten A, Boutry N, Cortet B, Assaker R, Demondion X, Leblond D, et al. Percutaneous vertebroplasty: State of the art. *Radiographics* 1998;18:311-20.
37. Barr JD, Barr MS, Lemley TJ, McCann RM. Percutaneous vertebroplasty for pain relief and spinal stabilization. *Spine* 2000;25:923-8.
38. Jensen MA, Dion JE. Percutaneous vertebroplasty in the treatment of osteoporotic compression fractures. *Neuroimaging Clin North Am* 2000;10:547-68.
39. Belkoff SM, Mathis JM, Erbe EM, Fenton DC. Biomechanical evaluation of a new bone cement for use in v e r t e b r o p l a s t y: *Spine* 2000;25:1061-4.
40. Dean JR, Ison KT, Gishen P. The strengthening effect of percutaneous vertebroplasty. *Clin Radiol* 2000;55:471-6.
41. Liebschner MAK, Rosenberg WS, Keaveny TM. Effects of bone cement volume and distribution on vertebral stiffness after vertebroplasty. *Spine* 2001;26:1547-54.
42. Heini PF, Walchli B, Berlemann U. Percutaneous transpedicular vertebroplasty with PMMA: operative technique and early results. A prospective study for the treatment of osteoporotic compression fractures. *Eur Spine J* 2000;9:445-50.
43. Wenger M, Markwalder TM. Surgically controlled, transpedicular methyl methacrylate vertebroplasty with fluoroscopic guidance. *Acta Neurochir (Wien)* 1999;141:625-631.
44. Wang GJ, Wilson CS, Hubbard SL, Sweet DE, Reger SI, Stamp WG. Safety of anterior cement fixation in the cervical spine: In vivo study of dog spine. *South Med J* 1984;77:178-9.
45. Deramond H, Wright NT, Belkoff SM. Temperature elevation caused by bone cement polymerization during vertebroplasty. *Bone* 1999;25(Suppl):17-25.
46. Padovani B, Kasriel O, Brunner P, Peretti-Viton P. Pulmonary embolism caused by acrylic cement: A rare complication of percutaneous vertebroplasty. *Am J Neuroradiol* 1 9 9 9 ; 2 0 : 3 7 5 - 7 .
47. Belkoff SM, Mathis JM, Jasper LE, Deramond H. An ex vivo biomechanical evaluation of a hidroxyapatite cement for use with vertebroplasty. *Spine* 2001;26:1542-6.
48. Bo B, Laith MJ, Frederick JK, Spivak JM. The use of an injectable, biodegradable Calcium Phosphate substitute for the prophylactic augmentation of osteoporotic vertebrae and the management of vertebral compression fractures. *Spine* 1999;24:1521-6.
49. Garfin SR, Yuan HA, Lieberman I, Phillips F, Lane J, Wong WH, et al. Early results of 300 kyphoplasties for the treatment of painful vertebral body compression fracture. San Francisco, USA, 68 Congreso de la American Academy of Orthopaedic Surgeons, Febrero 2001; 258.
50. Lieberman IH, Dudeney S, Reinhardt M. Initial outcome and efficacy of kyphoplasty in the treatment of painful osteoporotic vertebral compression fractures. *Spine* 2001;26:1631-8.