

100/100

74

UNIVERSIDAD NACIONAL AUTONOMA
DE MEXICO



DIVISION DE ESTUDIOS DE POSTGRADO
FACULTAD DE MEDICINA

CURSO DE ESPECIALIZACION EN RADIOLOGIA E IMAGEN
THE AMERICAN BRITISH COWDRAY HOSPITAL
DEPARTAMENTO DE IMAGENOLOGIA

2023

VERTEBROPLASTIA PERCUTANEA: UNA
ALTERNATIVA EN EL TRATAMIENTO DEL
COLAPSO VERTEBRAL

TESIS DE POSTGRADO
QUE PARA OBTENER EL TITULO DE:
ESPECIALISTA EN:
RADIOLOGIA E IMAGEN
P R E S E N T A :
DRA. MARIA LUCIA ESCOBAR GILCHRIST

ASESOR DE TESIS: DR. ROQUE FERREYRO IRIGOYEN

DIRECTOR DE TESIS: DR. JULIAN SANCHEZ CORTAZAR

PROFESOR TITULAR DEL CURSO



MEXICO, D. F.

OCTUBRE DEL 2000



UNAM – Dirección General de Bibliotecas Tesis Digitales Restricciones de uso

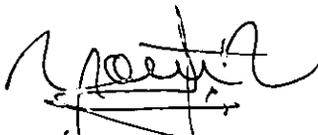
DERECHOS RESERVADOS © PROHIBIDA SU REPRODUCCIÓN TOTAL O PARCIAL

Todo el material contenido en esta tesis está protegido por la Ley Federal del Derecho de Autor (LFDA) de los Estados Unidos Mexicanos (México).

El uso de imágenes, fragmentos de videos, y demás material que sea objeto de protección de los derechos de autor, será exclusivamente para fines educativos e informativos y deberá citar la fuente donde la obtuvo mencionando el autor o autores. Cualquier uso distinto como el lucro, reproducción, edición o modificación, será perseguido y sancionado por el respectivo titular de los Derechos de Autor.



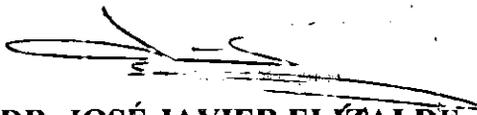
DR. JULIÁN SANCHEZ CORTÁZAR
DIRECTOR MÉDICO
JEFE DE DIVISIÓN DE IMAGENOLÓGIA
PROFESOR TITULAR DE CURSO DE RADIOLOGÍA E IMAGEN
THE AMERICAN BRITISH MEDICAL CENTER



DR. RAMÓN PONTE ROMERO
JEFE DEL DEPARTAMENTO DE IMAGENOLÓGIA
THE AMERICAN BRITISH MEDICAL CENTER



DR. ROQUE FERREYRO IRIGOYEN
COORDINADOR DEL ÁREA DE ULTRASONIDO
ASESOR DE TESIS
THE AMERICAN BRITISH MEDICAL CENTER



DR. JOSÉ JAVIER ELÍZALDE
JEFE DE ENSEÑANZA
THE AMERICAN BRITISH MEDICAL CENTER

AGRADECIMIENTOS

A DIOS, POR LA VIDA Y POR ESTA OPORTUNIDAD.

A MI HIJO, JORGE ANDRÉS, POR LA PACIENCIA DE ESPERAR. JUNTOS EMPEZAREMOS UN NUEVO Y MEJOR CAMINO.

A MIS PADRES, POR ENSEÑARME QUE LAS METAS MÁS INALCANZABLES SON POSIBLES CUANDO SE CUENTA CON EL APOYO, EL CARIÑO Y LA COMPRESIÓN DE UNA FAMILIA. ESTARÉ ETERNAMENTE AGRADECIDA.

A ALEX, MI HERMANO MENOR. ESPERO SEGUIR DISFRUTANDO JUNTOS DE NUESTRAS COMPLICIDADES.

AI DR. JULIÁN SÁNCHEZ CORTÁZAR, QUIEN TIENE TODAS LAS CUALIDADES DE UN LÍDER, EN ESPECIAL LA SABIDURÍA, LA FORTALEZA Y EL EMPEÑO.

AL DR. RAMÓN PONTE ROMERO, PORQUE DURANTE ESTOS AÑOS ME PERMITIÓ HACER PARTE DE TAN EXCELENTE EQUIPO HUMANO Y PROFESIONAL.

A TODOS MIS MAESTROS, GRACIAS POR SU TIEMPO, PACIENCIA Y ENSEÑANZAS.

AL HOSPITAL ABC, QUE CON SU PERSONAL TÉCNICO Y ADMINISTRATIVO SON UN CLARO EJEMPLO DE LA CALIDAD TOTAL.

A MÉXICO POR HABERME ABIERTO SUS PUERTAS.

A Andy
por haberme dado luz,
apoyo
y esperanza
cuando más necesitaba a un hermano.

ÍNDICE

I.	INTRODUCCIÓN	6
II.	OBJETIVOS	7
	2.1 General	
	2.2 Específicos	
III.	ANATOMÍA E HISTORIA DEL PROCEDIMIENTO	8
	3.1 Anatomía	
	3.2 Involución del tejido óseo vertebral	
	3.3 Historia	
IV.	INDICACIONES Y CONTRAINDICACIONES	16
	4.1 Tumores vertebrales	
	4.2 Hemangioma vertebral	
	4.3 Colapso vertebral secundario a osteoporosis	
	4.4 Otras indicaciones	
	4.5 Contraindicaciones absolutas y relativas	
V.	TÉCNICA	23
	5.1 Criterios de selección	
	5.2 Valoración radiológica	
	5.3 Materiales	
	5.4 Procedimiento	
VI.	COMPLICACIONES Y EFECTOS SECUNDARIOS	30
VII.	RESULTADOS CLÍNICOS	32
	7.1 Beneficios	
	7.2 Tratamientos asociados	
VIII.	EXPERIENCIA EN EL HOSPITAL ABC	35
IX.	HALLAZGOS POR IMAGEN	37
X.	CONCLUSIONES	48
XI.	BIBLIOGRAFÍA	49

INTRODUCCIÓN

Los adelantos científicos y tecnológicos han ofrecido a la medicina moderna medios para brindar a las personas de edad avanzada mayor comodidad en el proceso inevitable del deterioro que viene con el paso de los años. Uno de los procesos degenerativos que mas molestias ha causado a las personas mayores ha sido el colapso vertebral secundario a osteoporosis.

Este tipo de fracturas son un problema en aumento porque la población envejece al aumentar las expectativas de vida. En México existen 4'800.000 personas mayores de 65 años (24) El colapso del cuerpo vertebral es una causa frecuente de dolor incapacitante, el cual muchas veces no se resuelve de manera convencional y tiene consecuencias psicológicas y familiares importantes.

La vertebroplastia percutánea es una alternativa terapéutica en el tratamiento del colapso vertebral. Es un procedimiento efectivo, con amplio índice de seguridad, que permite una reducción en el uso de analgésicos y una deambulacion precoz, mejorando así la calidad de vida de nuestros pacientes.

OBJETIVOS

General

Contribuir a la divulgación de una alternativa terapéutica en el tratamiento del colapso vertebral, como lo es la vertebroplastia percutánea, que consiste en la inyección de un biomaterial en un fractura patológica.

Específicos

- 1 Hacer un revisión de los criterios utilizados en la selección y exclusión de pacientes
2. Definir cuáles son las principales indicaciones y contraindicaciones de esta técnica.
- 3 Hacer una descripción del procedimiento de la vertebroplastia percutánea.
- 4 Presentar la experiencia inicial de vertebroplastia percutánea en el Hospital ABC.

ANATOMÍA E HISTORIA DEL PROCEDIMIENTO

Anatomía

Para empezar a hablar de vertebroplastia percutánea es importante conocer un poco sobre la estructura y la mineralización del hueso vertebral. En contraste con la complejidad de la anatomía de la columna vertebral, existen solamente dos tipos de tejido óseo: el hueso trabecular y el hueso compacto de la corteza. (18) El esqueleto humano está compuesto de 80% de hueso cortical y 20% hueso trabecular. La columna está compuesta de una combinación de hueso trabecular, localizado en los cuerpos vertebrales y de hueso cortical que se encuentra en los elementos del arco posterior. El hueso trabecular, por la alta relación entre la superficie y el volumen, tiene una tasa de recambio ocho veces mayor que la del hueso compacto y es altamente sensible a los estímulos metabólicos. (23)

El hueso compacto, con una estructura relativamente homogénea y densa, se localiza principalmente a nivel del arco posterior. La corteza del cuerpo vertebral es delgada lateralmente; mide de 2 a 4 mm., siendo un poco más gruesa en sentido anterior y medial, allí existe una cresta calcificada pequeña para la inserción del ligamento longitudinal anterior.

El hueso trabecular es una estructura liviana adaptada para resistir el estrés de la columna vertebral. En los adultos jóvenes este tejido puede representarse como una estructura cúbica formada por la intersección de trabéculas que son perforadas por orificios que permiten la

comunicación entre distintos tipos de células. La trabécula se refiere a septos que crean un patrón en panal de abeja. Existen dos tipos distintos de trabéculas: las verticales, que son las que soportan peso y las horizontales o transversales, que son trabéculas conectoras. A los 35 años de edad en ambos sexos, del 64 al 70% de las trabéculas son verticales y del 30 al 36% verticales (19). Las trabéculas verticales son delgadas (66% miden entre 0.2 y 0.5 mm) y las trabéculas transversales también son delgadas (70% miden menos de 0.2 mm).

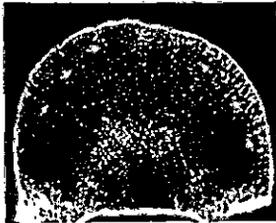


Fig 1. Corte transversal de una vértebra lumbar normal, los canales vasculares tienen una distribución radial (cabezas de flechas)

En cualquier cuerpo vertebral, especialmente en la columna lumbar, existen variaciones importantes, dependiendo del nivel de corte. El plano medial está ocupado por una red capilar y venosa (30). La red arterial está conformada por una arteria nutricia doble, posterior y anterior, que se anastomosa con ramas de la arteria lumbar. Son ramas muy pequeñas que no causan distorsión de las estructuras óseas.

La red venosa está compuesta por las venas basivertebrales, las cuales se anastomosan con las venas epidurales anteriores y penetran, en un plano sagital, la línea media del cuerpo vertebral por una indentación (3 a 6 mm.). Las venas basivertebrales atraviesan el cuerpo vertebral en sentido oblicuo, anterior, y lateral, (lo cual produce una apariencia en forma de "Y") y drenan al plexo venoso prevertebral. Lo más común es que existan dos canales venosos en la columna lumbar (19).

Involución del tejido óseo vertebral

El cuerpo vertebral es uno de los primeros sitios que se afectan con la involución. Este efecto, el de envejecimiento, ocurre principalmente en el hueso trabecular. Esta pérdida de hueso trabecular afecta primordialmente las trabéculas transversas: a los 40 años más de un tercio de las trabéculas son horizontales pero a los 80 años existe sólo un 13 a 16 % de trabéculas transversas (29). La nueva distribución de las trabéculas ocurre en respuesta a requerimientos biomecánicos, por el efecto de la gravedad y por la necesidad de una posición de bipedestación.

La arquitectura trabecular cambia con la edad en toda la columna pero los cambios son predominantes en la columna lumbar. Rockoff y Arnold (19) han demostrado que el primer evento en este proceso es la perforación de los septos después de los 40 años, seguido por la transformación de la estructura celular del hueso original a una estructura residual de trabéculas. Al mismo tiempo el ancho promedio de la trabécula disminuye. Hasta los 50 años la mayoría de las trabéculas miden entre 0.2 y 0.35 mm (29). En pacientes de más de 60 años existen más trabéculas delgadas (menos de 0.2 mm.) que las trabéculas promedio. El número de trabeculaciones gruesas disminuye considerablemente (0.35 a 0.65 mm.). Las estriaciones que se presentan en el cuerpo vertebral ocurren por la rarefacción de las trabéculas transversales.

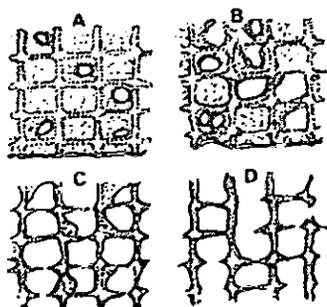


Fig 2. Representación esquemática de la involución vertebral
 A. Apariencia normal de las trabéculas
 B: Perforación de los septos
 C Disminución en el número de septos con adelgazamiento de las trabéculas
 D. Destrucción completa de trabéculas horizontales.

La osteoporosis se caracteriza por una reducción en la masa ósea por unidad de volumen hasta un nivel inferior al requerido para la función adecuada del apoyo mecánico. El osteoporótico es un hueso cualitativamente normal que está presente en cantidades deficientes. La osteoporosis es la causa más frecuente de osteopenia metabólica generalizada (20). Es principalmente una enfermedad de pacientes mayores, aunque afecta también a pacientes jóvenes. Se calcula que en EE.UU. de América se afectan entre 20 y 25 millones de personas

Existen dos tipos de osteoporosis:

Tipo I Postmenopáusica o Generalizada. Disminución rápida de la masa ósea por supresión de los estrógenos.

Tipo II Senil: Disminución lenta de la masa ósea en hombres y mujeres mayores de 70 años

La osteoporosis generalizada suele ser asintomática hasta que se produce una complicación, habitualmente una fractura. Las fracturas vertebrales se encuentran con frecuencia en las regiones transicionales de la columna. Las localizaciones más frecuentes son la union toraco -

lumbar, la porción lumbosacra, el vértice de la columna torácica, la porción proximal del fémur y la porción distal del radio

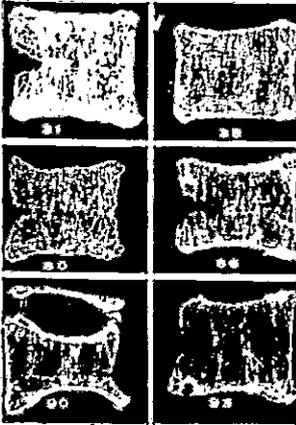


Fig 3. Cambios secundarios a osteoporosis en cortes sagitales de cuerpos vertebrales en mujeres entre los 31 y los 93 años. En mujeres de más de 80 años las vértebras son bicóncavas con disminución en el número de trabéculas

La osteoporosis se demuestra en una radiografía simple como una osteopenia generalizada. La insensibilidad relativa de la radiografía simple exige un descenso de la densidad ósea mineral de alrededor del 30 al 50 % antes de ser visible. Las gammagrafias óseas son siempre normales a no ser que haya una respuesta de una reparación de una fractura.

Los cortes delgados por tomografía computada de 1 a 2 mm. demuestran estos cambios estructurales: el tejido óseo reticular denso del paciente joven es reemplazado por zonas menos densas de trabéculas verticales residuales. (29)

Estudios anatómicos realizados por Frost han demostrado grupos pequeños fusiformes de hueso denso descritos como callos que se forman después de fracturas trabeculares. Estos microcallos aumentan después de los 50 años y explican las zonas de esclerosis ósea de los cuerpos vertebrales

La involución ósea disminuye su resistencia a la compresión, pero existe un balance entre las microfracturas y la reparación ósea. La modificación de la morfología vertebral puede resultar en una forma biconvexa progresiva y no en una fractura aguda por compresión, la cual tiene mayores riesgos de morbilidad (1)

La incidencia de fracturas por osteoporosis aumenta en proporción inversa a la disminución de la densidad mineral ósea, y aumenta exponencialmente con la edad. Las fracturas por osteoporosis tienen un alto costo económico y gran impacto en la calidad de vida del anciano, con aumento en la morbilidad y mortalidad. El 20% de las personas que sufren una fractura de cadera mueren antes del año, 50% pierden su independencia para caminar y 30% se vuelven totalmente dependientes (1). La mujer tiene mayor riesgo de osteoporosis que el hombre, una de cada tres mujeres presenta fracturas por osteoporosis mientras que uno de cada ocho hombres mayores de 50 años presenta esta complicación.

Historia

La vertebroplastia percutánea (VP) es un procedimiento radiológico que consiste en inyectar, por vía percutánea, cemento acrílico en una vértebra patológica. Fue propuesta inicialmente por los doctores Pierre Galibert y Hervé Deramond en 1984 en Amiens para el tratamiento de un angioma vertebral agresivo con el fin de darle mayor solidez a la vértebra afectada (7). La constatación de un efecto antálgico permitió extender sus indicaciones a otras lesiones que debilitan las vértebras y provocan dolores intensos y rebeldes al tratamiento habitual. Así muy

rápido se aplicó para tratar lesiones tumorales malignas secundarias osteolíticas, lesiones por mieloma y aplastamientos vertebrales osteoporóticos (6)

La vertebroplastia conjuga dos efectos. Por un lado, permite consolidar el cuerpo vertebral y asegurar la estabilidad de la columna debido a la polimerización del cemento acrílico en el interior de la vértebra, lo cual ha sido demostrado por estudios biomecánicos realizados por Darrason (18), donde la mejoría del dolor se atribuye a la consolidación de las microfracturas y a la disminución de los efectos mecánicos. El segundo ocurre por destrucción de las terminaciones sensitivas por el efecto térmico y químico del monómero y del polímero (8)

En los Estados Unidos de América las fracturas vertebrales por compresión afectan aproximadamente a 500,000 personas cada año (2). Las fracturas por compresión se caracterizan por una pérdida en la altura en la región central, anterior o posterior del cuerpo vertebral, que por lo general es evidente en la radiografía anteroposterior o lateral. Ocurren cuando se transmite una carga excesiva a una vértebra debilitada. En la población anciana existe un aumento en la incidencia de este tipo de fracturas, las cuales están directamente relacionadas con la osteoporosis. La incidencia de fracturas por colapso vertebral aumenta proporcionalmente con la edad, siendo la principal complicación el dolor lumbar agudo (5). El dolor, discomfort, y deformidad que se asocian con estas fracturas llevan a un deterioro importante en la calidad de vida de estos pacientes, con alteraciones significativas en las esferas psicológicas, físicas y sociales. El tratamiento conservador con antiinflamatorios, reposo en cama e inmovilizadores es la regla. Sin embargo, existen pacientes con dolor lumbar refractario al tratamiento. En estos pacientes la vertebroplastia percutánea es una opción

terapéutica mínimamente invasiva, que ofrece alivio inmediato del dolor y ofrece pronta movilización (10)

INDICACIONES Y CONTRAINDICACIONES

Indicaciones

Los objetivos primordiales de la vertebroplastia son: reducir el dolor de los pacientes, estabilizar el cuerpo vertebral, reducir el uso de analgésicos y permitir la deambulaci3n temprana.

Las principales indicaciones para este procedimiento son: met3stasis vertebrales osteolíticas, mieloma, hemangioma vertebral, y colapso vertebral osteopor3tico (7). La decisi3n para realizar este procedimiento debe hacerse por un equipo multidisciplinario ya que existen distintas opciones de tratamiento, como son la cirugía, la terapia con radiaci3n, el tratamiento m3dico, la vertebroplastia percut3nea o una combinaci3n de cualesquiera de los anteriores. Existen distintos factores que van a determinar cu3l o cu3les son los tratamientos de elecci3n, como son: la extensi3n local y general de la enfermedad; el nivel de la columna que se encuentra comprometido, ya sea cervical, tor3cica o lumbar; el tipo de dolor que experimente el paciente, al igual que su estado de salud y su expectativa de vida (8).

Tumores vertebrales

La columna es un sitio frecuente de lesiones malignas osteolíticas, especialmente met3stasis y mieloma. Los pacientes con estas lesiones experimentan dolor incapacitante e impotencia funcional. El manejo terap3utico depende de varios factores: el n3mero de cuerpos

vertebrales afectados, el nivel comprometido, la localización de la lesión dentro del cuerpo vertebral, la extensión del compromiso del canal medular, y la severidad del dolor (7). Se realiza vertebrectomía seguida por la colocación de un injerto o por la utilización intraoperatoria de metilmetacrilato cuando existe afección de un solo cuerpo vertebral. Pero la consolidación quirúrgica de varios cuerpos vertebrales osteolíticos no es realizada por la naturaleza multifocal de la enfermedad.

La terapia con radiación, sola o con cirugía, se indica cuando el dolor es causado directa o indirectamente por una lesión maligna, ya que esta técnica ofrece alivio del dolor en más del 90% de los pacientes (11). Sin embargo, existe una demora de 10 a 14 días después del inicio de la terapia antes de que los pacientes empiecen a experimentar mejoría clínica. Aún más importante es el hecho de que, como resultado de la terapia con radiación, el fortalecimiento del hueso es mínimo y demorado (2 a 4 meses después del inicio de la radiación), el cual es más efectivo en pacientes con metástasis. Esta demora en la reconstrucción ósea lleva a un riesgo aumentado de colapso vertebral y de compresión neural (12).

Por estos motivos la inyección de cemento acrílico provoca un efecto antálgico que permite al paciente complementar este procedimiento con un tratamiento de radiación. Su efecto analgésico se logra en forma casi inmediata (24 a 72 horas). Permite además una prolongada consolidación del cuerpo vertebral (7).

La razón por la cual la vertebroplastia percutánea produce alivio del dolor no es totalmente conocida. Probablemente existe necrosis tumoral y destrucción de terminaciones sensitivas en respuesta a fuerzas mecánicas, químicas, térmicas y vasculares con la inyección del cemento

El metilmetacrilato es tóxico para las células cuando no está completamente polimerizado. Por lo tanto es una sustancia anticancerígena local. También se ha sugerido como hipótesis la estabilización de las microfracturas existentes y la reducción de fuerzas mecánicas.

En pacientes con metástasis o con lesiones vertebrales por mieloma múltiple, la alteración del muro posterior no es considerado como una contraindicación para la vertebroplastia; simplemente obliga a ser más prudente durante la inyección del cemento. Por el contrario, una lesión que comprometa el arco posterior o el pedículo de la vértebra no es indicación de vertebroplastia.

Hemangioma vertebral

Los hemangiomas vertebrales son lesiones benignas comunes de la columna; por lo general son asintomáticos y son descubiertos incidentalmente durante evaluaciones radiológicas. En algunos casos, estos angiomas se hacen agresivos clínicamente o radiológicamente, manifestándose con dolores intensos y déficit por compresión radicular o medular (7). Esta compresión es causada por la expansión del hueso vascularizado, extensión epidural del tumor del cuerpo vertebral, un hematoma epidural, una fractura por compresión de la vértebra o vasos nutricios anómalos (18). Los síntomas neurológicos causados por la compresión pueden aumentarse por la congestión venosa, hemorragia y trombosis dentro de la lesión en combinación con estasis del flujo sanguíneo en el plexo venoso epidural.

La compresión por lo general requiere una intervención quirúrgica como es la laminectomía (8). Sin embargo el manejo de estos tumores vasculares se complica por la posibilidad de un

colapso vertebral si el cuerpo vertebral está comprometido y por los riesgos de una hemorragia profusa durante el procedimiento. Por esto un procedimiento como la vertebroplastia ayuda a un fortalecimiento del cuerpo vertebral y a la trombosis del tumor vascular. La inyección percutánea del metilmetacrilato a un cuerpo vertebral angiomatoso puede prevenir el colapso vertebral. Esta técnica fue descrita inicialmente por Deramond (7) en pacientes con hemangiomas vertebrales agresivos.

La vertebroplastia percutánea es el tratamiento de elección en los angiomas vertebrales sintomáticos, según autores como Ojeda y Darrason (18). En casos de compresión mieloradicular, la vertebroplastia se asocia a la embolización *in situ* y cirugía.

Colapsos vertebrales secundarios a osteoporosis

Aproximadamente un 30% de las mujeres postmenopáusicas de raza blanca tienen osteoporosis, y la mayoría de éstas tienen fracturas vertebrales (2). Estas fracturas tienen un impacto negativo en la función y calidad de vida de estas pacientes. Los aplastamientos vertebrales generan dolores debido a la presencia de microfracturas, que suelen responder al tratamiento médico al cabo de algunas semanas (20). Este tipo de patología rara vez necesita de hospitalización, pero sí de periodos prolongados de inmovilización, lo cual lleva a complicaciones como aumento en la osteopenia, tromboembolismo pulmonar y atrofia muscular.

Por lo anterior son de interés las técnicas que sean mínimamente invasivas como lo es la vertebroplastia percutánea. Este es el procedimiento de elección en el estadio inicial de una

fractura en pacientes con alto riesgo de complicaciones por periodos prolongados de inmovilización. Además de fortalecer el cuerpo vertebral, lleva a una mejoría importante del dolor en un periodo de 24 a 72 horas.

Según la literatura, la eficacia de la vertebroplastia percutánea en colapsos vertebrales secundarios a osteoporosis es similar a la observada en metástasis osteolíticas, mieloma y hemangiomas agresivos. Jensen *et al* han demostrado la utilidad de este procedimiento en 29 pacientes con 47 fracturas por compresión secundarias a osteoporosis refractaria al tratamiento médico. En este estudio 26 pacientes (90%) experimentaron mejoría del dolor y un incremento en su movilidad. Cortet *et al* estudiaron a 16 pacientes con 20 fracturas vertebrales secundarias a osteoporosis. Realizaron vertebroplastia en 20 vértebras y observaron mejoría clínica antes de 3 días en 92% de los pacientes. Por lo anterior la vertebroplastia es una buena alternativa terapéutica en pacientes sintomáticos con colapsos vertebrales.

Otras indicaciones

Otras indicaciones para realizar una vertebroplastia percutánea —aparte de las arriba mencionadas— son raras. Se ha descrito una vertebroplastia de un granuloma eosinófilo previamente irradiado pero con dolor incapacitante progresivo e inestabilidad de la columna lumbar en un paciente adulto (7). Un linfoma vertebral también puede ser indicación de una vertebroplastia percutánea, al igual que un tumor de células gigantes. En estos casos es de importancia primordial la presencia de un equipo multidisciplinario para una adecuada valoración y manejo del paciente.

Contraindicaciones

Absolutas

- La vertebroplastia percutánea está contraindicada en alteraciones de la coagulación, debido al diámetro grande de las agujas utilizadas para la punción. (7)
- La principal complicación de esta técnica es la fuga del metilmetacrilato al foramen o a la región epidural; por lo tanto, si no se cuenta con la posibilidad de realizar cirugía descompresiva de urgencia, no se debe contemplar la vertebroplastia percutánea como alternativa terapéutica (19).
- Cualquier tipo de proceso infeccioso, ya sea local o sistémico
- Fracturas vertebrales por colapso con más de un año de evolución o con una gammagrafía ósea negativa
- La presencia de espondilitis, una hernia del núcleo pulposo o causas intrarraquídeas de dolor lumbar.
- Pacientes que presenten mejoría de su sintomatología con el tratamiento médico

Relativas

- Un colapso vertebral mayor del 70% puede llevar a una vertebroplastia técnicamente difícil (30)
- Los síntomas neurológicos que se relacionan con la compresión que produce un cuerpo vertebral patológico necesitan una cuidadosa inyección de metilmetacrilato para no aumentar la compresión con una posible fuga de cemento (19).
- Fragmentos óseos que protruyan al canal medular aumentan las dificultades técnicas del procedimiento

TÉCNICA

Criterios de Selección

- La selección de pacientes se limita a personas con dolor localizado, focal, con evidencia radiológica de fracturas nuevas o progresivas secundarias a colapso vertebral, sin mejoría con tratamiento médico, con evolución menor a un año y con una resonancia magnética o un gamagrama óseo positivo
- Se realiza un examen físico para determinar el estado general de salud de los pacientes y su capacidad para permanecer en posición prona durante 1 ó 2 horas

Valoración radiológica

En todos los pacientes se realizan radiografías simples de columna en anteroposterior y lateral para determinar:

- (a) La extensión del colapso vertebral;
- (b) la localización y extensión del proceso lítico;
- (c) la visibilidad y el grado de compromiso de los pedículos;
- (d) la presencia de destrucción cortical o fractura, especialmente de la pared posterior;
- (e) estenosis epidural o foraminal causadas por extensión tumoral o retropulsión de fragmentos óseos (7)

Como métodos complementarios de imagen se realizan tomografía computada para determinar con más exactitud la integridad de la corteza y de los pedículos, gamagrafía ósea, la cual nos va a indicar la actividad metabólica de la lesión, y resonancia magnética, que nos descarta otras causas intrarraquideas de lumbalgia, como son hernia del núcleo pulposo, espondilitis o tumores

La gamagrafía ósea se realiza con Tc 99m. La tasa de concentración del radiotrazador es directamente proporcional al flujo sanguíneo y a la eficiencia de extracción de éste (27). La administración de medicamentos simpaticomiméticos, tumores, infección, fracturas y neuropatías son algunas de las situaciones que pueden aumentar la captación del radiotrazador en el hueso

Existen tres etapas en el proceso normal de cicatrización de las fracturas osteoporóticas por compresión cuando se realizan estudios de gamagrafía ósea. Durante las primeras 3 ó 4 semanas después de la fractura, la gamagrafía se caracteriza por un área difusa y amplia de hipercaptación. Posteriormente hay una etapa subaguda de 8 a 12 semanas donde la actividad anormal del hueso se localiza alrededor de la línea de fractura. Después existe una etapa crónica donde existe una menor captación del radiotrazador. La gamagrafía ósea puede normalizarse en un periodo de 6 meses a 2 años después de la lesión inicial. (26)

Materiales

Metilmetacrilato

El metilmetacrilato es un cemento óseo que se utiliza desde 1970. Tiene 2 partes: una parte líquida, que está sellada dentro de una ampolla de vidrio, y un polvo, que se encuentra dentro de una bolsa plástica (30).

La parte líquida, compuesta en su mayoría de monómero de metilmetacrilato, también contiene hidroquinona, un inhibidor de la polimerización para asegurar que el líquido no se vaya a polimerizar tempranamente por el calor o la luz.

El polvo está compuesto de metilmetacrilato o de una mezcla de metilmetacrilato con un copolímero, que se utiliza para darle mayor solidez al cemento. Otro de los componentes del polvo es un material radiopaco $BaSO_4$ o ZrO_2 , que permite la visualización del cemento en las radiografías.

La polimerización no ocurre hasta que la parte líquida entra en contacto con un agente iniciador; peróxido de dibenzolío, el cual se encuentra mezclado en el polvo. Existe suficiente cantidad de iniciador en el polvo para superar la presencia del inhibidor en el líquido para que se inicie la polimerización.

Una vez que ha comenzado la polimerización, los enlaces dobles de carbono-carbono son reemplazados por enlaces simples de carbono-carbono en la cadena del polímero. Durante

este procedimiento se libera calor: 130 calorías/gr del monómero de metilmetacrilato. La liberación del calor depende de varios factores, como son la cantidad de cemento, la temperatura ambiente, y el grosor del cemento (30)

Las propiedades del cemento pueden ser alteradas por varios factores, como son la cantidad y la manera de mezclado del metilmetacrilato, la exposición del monómero a la luz, y la adición de antibióticos durante el proceso de mezcla.

Procedimiento

La vertebroplastia percutánea generalmente se realiza bajo visualización fluoroscópica, aunque algunos autores han hecho énfasis en la utilización de TC para el posicionamiento de la aguja o inyección del cemento (11). El progreso de la aguja y el cemento se valoran mejor con procedimientos radiográficos que permiten una visualización fluoroscópica tanto anteroposterior como lateral sin la movilización del paciente.

El procedimiento se lleva a cabo bajo estrictas condiciones estériles, bajo anestesia general o neuroleptoanalgesia con anestesia local adicional (lidocaína 1%), ya que el dolor puede intensificarse durante la inyección del cemento.

Se utilizan trócares de punción de 10 a 15 cm. de longitud y 3 mm. de diámetro (10 gauge) para la inyección del cemento; el diámetro y longitud de éstas dependen del nivel de compromiso de la columna (19). A nivel cervical y dorsal superior pueden utilizarse agujas

de menor calibre. Estas agujas permiten al mismo tiempo una biopsia por sistema coaxial de un trocar de biopsia ósea de 15 G, con la posibilidad de realizar varias tomas

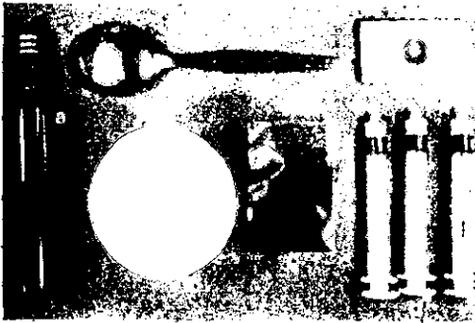


Fig 3. Materiales utilizados en vertebroplastia percutánea
(a) Metilmetacrilato
(b) Recipiente
(c) Polvo de tungsteno
(d) Jeringas de insulina
(e) Espátula
(f) Cuchara para mezclar

La vía de elección de la aguja depende de la experiencia del radiólogo (7). Para la columna cervical, se utiliza un abordaje anterolateral. Los dedos se colocan de manera que los vasos sanguíneos se desplacen en forma lateral, y la aguja avance entre los vasos y la faringe. Para la columna cervical superior se utiliza un nivel más superior porque la aguja tiene que introducirse debajo de la mandíbula. Una vía transpedicular o posterolateral puede utilizarse para la columna lumbar o torácica. La utilización del abordaje por vía transpedicular evita la posibilidad de lesión de los nervios espinales y disminuye el riesgo de fuga del metilmetacrilato hacia los tejidos blandos paravertebrales. Pero esta vía no puede utilizarse cuando la osteólisis compromete los pedículos y no permite su adecuada visualización bajo fluoroscopia (11). La vía posterolateral es adecuada para la columna lumbar pero más difícil para la columna torácica por el riesgo de neumotorax. Esta vía además puede causar lesión nerviosa si la aguja no es avanzada de manera adecuada, lo cual resulta en fuga del cemento cuando se retira la aguja. Cualquiera que sea la vía utilizada es de fundamental importancia orientar la aguja de manera adecuada para facilitar la inyección del cemento en la dirección deseada (13)

Antes de la inyección del metilmetacrilato se realiza una venografía con medio de contraste no iónico para excluir la posibilidad de la colocación de la aguja dentro del complejo venoso basivertebral y asegurar la continuidad de la pared vertebral posterior

El polímero de metilmetacrilato (20 ml. de polvo, 5 a 7 ml de solvente) se mezcla con polvo de tungsteno para así aumentar su radiopacidad. La viscosidad de esta mezcla aumenta progresivamente debido a la polimerización del metilmetacrilato. La rapidez de esta polimerización depende de varios factores, incluyendo la temperatura ambiente y la cantidad de solvente que se utiliza. En este punto la principal dificultad es determinar cuál es la viscosidad adecuada del cemento que se va a inyectar (7). Se prefiere una consistencia pastosa a la líquida ya que ésta última puede llevar a fuga del cemento a estructuras adyacentes cuando existe osteolisis cortical o fractura.

Se inyecta metilmetacrilato hasta que haya resistencia o hasta que el cemento haya alcanzado la pared posterior. Sin embargo, la inyección se detiene inmediatamente si por fluoroscopia se visualizan fugas epidural, foraminal, o venosa. Estas vías de acceso permiten una inyección de 2 a 10 ml. de cemento. Dependiendo de la distribución del cemento en el cuerpo vertebral demostrado en proyecciones radiográficas AP y lateral, se pueden realizar una o más inyecciones. La distribución del metilmetacrilato es con frecuencia homogénea en cuerpos vertebrales osteoporóticos o hemangiomasosos y, por lo tanto, una inyección es suficiente. El grado de llenado de la lesión es mucho más variado en patología metastásica y por mieloma, por la diferente texturas de estas lesiones. Este procedimiento tiene un tiempo de duración de aproximadamente una hora por cuerpo vertebral tratado. Posterior a la vertebroplastia

percutánea debe realizarse una TC de control para determinar el porcentaje de llenado del cuerpo vertebral y fuga del cemento

COMPLICACIONES Y EFECTOS SECUNDARIOS

En las horas siguientes a la vertebroplastia percutánea puede ocurrir empeoramiento del dolor, con fiebre, como consecuencia de la reacción inflamatoria que resulta del calor generado por la polimerización del metilmetacrilato. Para disminuir estos efectos secundarios, pueden administrarse antiinflamatorios no esteroideos o esteroides, durante un periodo de 2 a 4 días (7).

Las principales complicaciones asociadas con este procedimiento ocurren por fuga del metilmetacrilato hacia estructuras adyacentes. La más importante es la fuga epidural o foraminal, que puede llevar a lesión de las raíces nerviosas o de la médula espinal (19). Los síntomas neurológicos pueden ser transitorios, probablemente secundarios a inflamación local, o pueden ser causados por compresión directa del cemento. La descompresión quirúrgica de urgencia puede ser necesaria; por lo tanto, como se mencionaba anteriormente, la vertebroplastia percutánea sólo debe realizarse en instituciones hospitalarias de tercer nivel. Sin embargo en un estudio realizado por Cotten *et al* se demostró que las complicaciones neurológicas son poco frecuentes. De 258 pacientes que fueron sometidos a este procedimiento sólo un paciente tuvo compresión de la médula espinal, la cual se resolvió con cirugía descompresiva. Se observó radiculalgia en 13 pacientes, de los cuales sólo tres casos necesitaron cirugía.

También puede darse fuga de cemento al sistema venoso cuando se inyecta cemento que no alcanzó aún el estado semipastoso o bien cuando el trócar está en proximidad a una vena colectora del cuerpo vertebral (21). Esto aparece en el transcurso de la inyección, mientras todavía se puede detener la misma y posteriormente repositonar la aguja para completar el relleno vertebral. Estas fugas se hacen hacia las venas perivertebrales con riesgo de pasaje a la vena ácigos o cava. También puede existir pasaje al plexo venoso epidural (26).

En patologías como metástasis y aplastamientos osteoporóticos, donde existe una comunicación directa entre el disco y el cuerpo vertebral, es posible el paso del cemento al disco intervertebral.

Otra de las complicaciones es el colapso de una vértebra subyacente a aquella inyectada con cemento. Pero en una columna con enfermedad osteoporótica pueden presentarse nuevos aplastamientos independientemente del antecedente de la vertebroplastia (19).

La complicación menos frecuente es la infección, como se comprobó en un estudio realizado por Deramond y colaboradores, donde se analizaron los resultados de más de 400 casos de vertebroplastías publicados, entre los cuales se encontró sólo un caso de infección.

La vertebroplastia percutánea es una intervención poco agresiva, que logra un importante efecto antálgico a través de la consolidación vertebral en aquellas lesiones que debilitan el cuerpo vertebral. Los resultados obtenidos dependen en gran parte de una correcta evaluación del paciente y de las indicaciones por un equipo multidisciplinario.

RESULTADOS CLÍNICOS

Beneficios

El principal beneficio de la vertebroplastia es el alivio del dolor, especialmente en pacientes con metástasis y mieloma, quienes presentan un dolor severo e incapacitante (10). Se ha demostrado una mejoría parcial o total del dolor en más del 70% de los pacientes con estas patologías (6) y en más del 90% de los pacientes con hemangiomas vertebrales (8) o colapsos vertebrales secundarios a osteoporosis (12). La mejoría del dolor ocurre en un periodo de horas o días después del procedimiento (en promedio 24 horas).

No se conoce cuál es la razón por la cual el metilmetacrilato produce mejoría del dolor (7). Existen fuerzas mecánicas, vasculares, químicas y térmicas que llevan a la necrosis tumoral y a la destrucción de terminaciones nerviosas sensitivas (31). Además, en la mejoría del dolor es importante la estabilización de las microfracturas y la reducción de las fuerzas mecánicas producidas por el cemento. Sin embargo el alivio del dolor no es proporcional al porcentaje de llenado del cuerpo vertebral por el metilmetacrilato (20). Paradójicamente pueden obtenerse excelentes resultados en algunos pacientes con un porcentaje aparentemente pobre de llenado.

El fortalecimiento del hueso y la estabilización del cuerpo vertebral ocurren por las propiedades mecánicas del metilmetacrilato, con el endurecimiento de éste a medida que ocurre la polimerización. Por lo tanto pueden prevenirse colapsos vertebrales posteriores (8)

La rapidez de la mejora clínica de los pacientes permite a la mayoría deambular al día siguiente al procedimiento, lo cual tiene como consecuencia un tiempo corto de hospitalización.

Tratamientos asociados

- **Radiación:** La terapia con radiación debe realizarse conjuntamente con la vertebroplastia percutánea, ya que la inyección del cemento no frena el crecimiento en lesiones tumorales. La radiación no interfiere con las propiedades mecánicas del cemento óseo (7) y tiene una acción complementaria en cuanto al alivio del dolor y al fortalecimiento óseo. La vertebroplastia percutánea también puede realizarse cuando la terapia con radiación ha fallado.
- **Cirugía:** Una laminectomía o osteosíntesis pueden completar un tratamiento médico, especialmente cuando existe compromiso del arco posterior o cuando existe compresión neural o de las raíces nerviosas (14). Pero como se mencionó anteriormente, la vertebroplastia puede obviar tratamientos más agresivos como la vertebrectomía.

- **Otros:** Cuando un hemangioma agresivo también compromete el arco vertebral posterior y se requiere laminectomía, la vertebroplastia también puede realizarse conjuntamente con una inyección percutánea de N butil cianoacrilato o etanol para trombosar los lagos vasculares y minimizar la pérdida sanguínea durante la cirugía (8).

EXPERIENCIA EN EL HOSPITAL ABC

En The American British Cowdray Hospital, entre agosto de 1999 y agosto de 2000, se trataron a 5 pacientes, cuatro del sexo femenino y uno del masculino, con 7 fracturas por compresión secundaria a osteoporosis. Todos tenían dolor dorsolumbar incapacitante y presentaban poca respuesta a tratamientos médicos con antiinflamatorios y analgésicos. Fueron referidas de los departamentos de neurocirugía, neurología y medicina interna. Todos los pacientes tenían evidencia radiológica de fracturas por colapso vertebral que correspondían clínicamente con el sitio del dolor, además de tener un periodo de evolución inferior a un año.

Para determinar las características de los colapsos vertebrales se realizaron los siguientes estudios por imagen: Rx de columna dorsolumbar en AP y lateral; TC en equipo de GE HiSpeed LXY con colimación de 3mm. de intervalo, y RM que se realizó en una unidad de 1.5 tesla, con secuencias T1, T y MPGR. Además se realizó gammagrafía ósea marcada con Tc 99 para determinar zonas de hipercaptación.

Técnica

Se realizó vertebroplastia percutánea con el paciente en posición prona con neuroleptoanalgesia, bajo fluoroscopia directa con brazo en C. Previa realización de venograma con medio de contraste no iónico se utilizó un abordaje transpedicular u oblicuo con agujas para biopsia de hueso # 11 a 13. La aguja se avanzó cuidadosamente al tercio

anterior del cuerpo vertebral. El cemento óseo fue mezclado con un antibiótico (gentamicina) y polvo de tungsteno para aumentar su radiopacidad. El metilmetacrilato fue inyectado con jeringas de insulina de 1 cm. Se realizó la inyección hasta que por fluoroscopia se observara que el cemento llegara a la pared posterior del cuerpo vertebral o que ocurriera fuga del metilmetacrilato a regiones paravertebrales o epidurales. En promedio se utilizó un total de 5 ml. por cuerpo vertebral. Posterior al llenado del cuerpo vertebral y al retiro de la aguja se realizó TC helicoidal para determinar la presencia de complicaciones. La duración del procedimiento fue en promedio de 45 min. a 1 hora.

Se trataron seis cuerpos vertebrales distribuidos así: L1 = 1, L2 = 1, T9 = 1, T10 = 1, T12 = 2

A una misma paciente se le efectuaron dos vertebroplastías: a nivel de T9 en una sesión y posteriormente, en una segunda sesión, a T10. Cabe mencionar que durante la segunda sesión ocurrió una opacificación venosa importante con el medio de contraste, motivo por el cual la aguja se reposicionó, pudiendo llevar a término el procedimiento sin complicaciones.

Los pacientes fueron hospitalizados durante un periodo de 24 horas, permitiendo una deambulación temprana. En los cinco pacientes los medicamentos analgésicos y antiinflamatorios fueron suspendidos el día del procedimiento. Se obtuvo una desaparición del dolor en cuatro pacientes y una reducción del dolor en un paciente. No se presentaron complicaciones durante el procedimiento.

HALLAZGOS POR IMAGEN

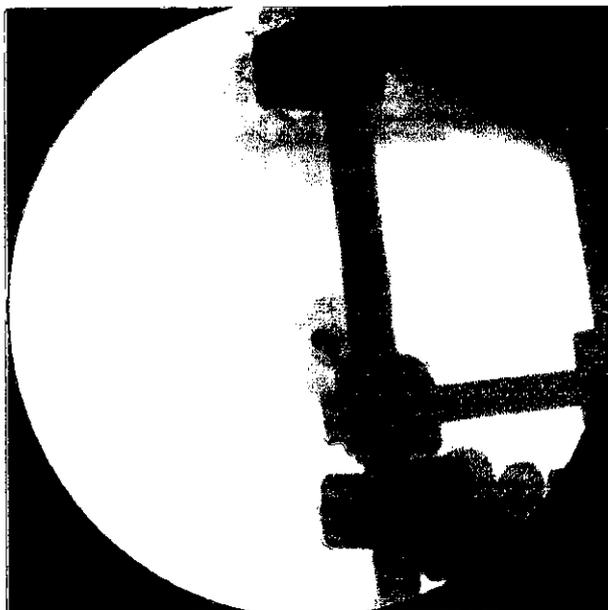
CASO 1

Paciente de 73 años, sexo femenino, con fractura antigua en T12, motivo por el cual se colocaron barras estabilizadoras.

Actualmente con fractura reciente de L1.



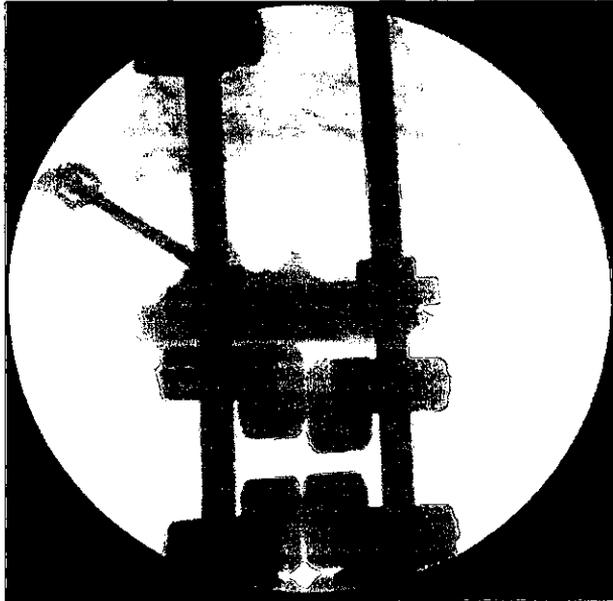
Gamagrafía ósea con mTc 99 - MDP donde se observa hipercaptación del radiofarmaco a nivel de L1.



**Vertebroplastía Percutánea:
Abordaje transpedicular**



**Aguja en tercio anterior
de cuerpo vertebral**



**Venografía realizada
con medio de contraste no iónico**



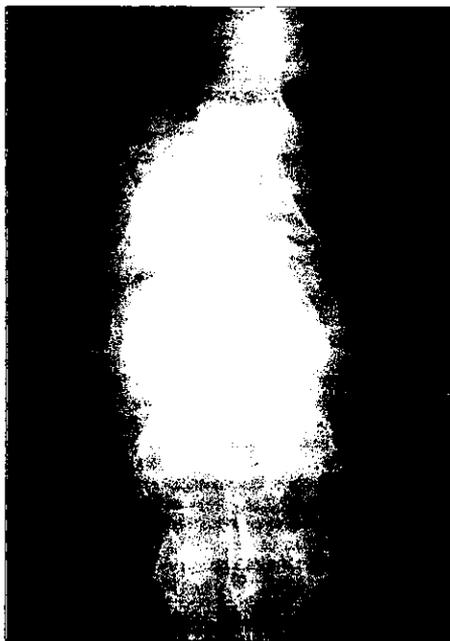
**Inyección del polimetilmetacrilato
bajo visualización fluoroscópica**



Rx de Columna Lumbosarca en AP y Lateral mostrando el resultado final del procedimiento.



**Rx de control posterior a la vertebroplastía percutánea,
mostrando el polimetilmetacrilato a nivel de T12**

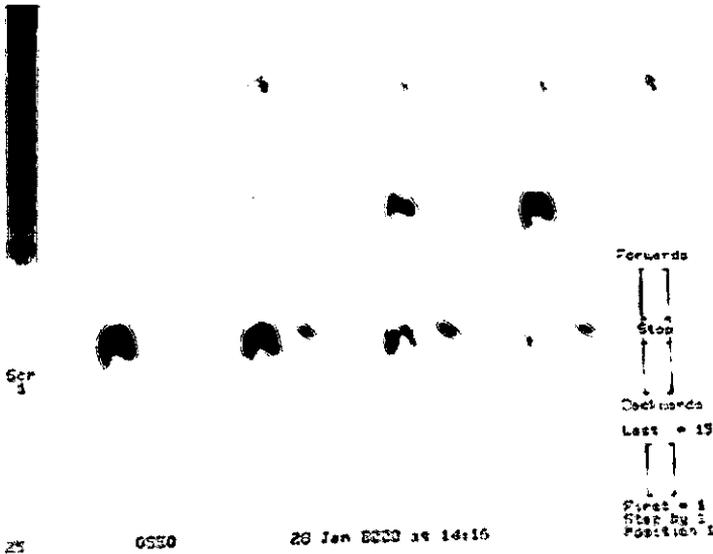


CASO 3

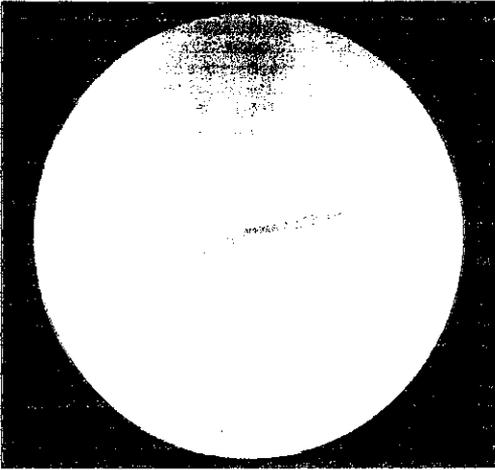
Femenino de 77 años con dolor lumbar severo posterior a mastectomía.



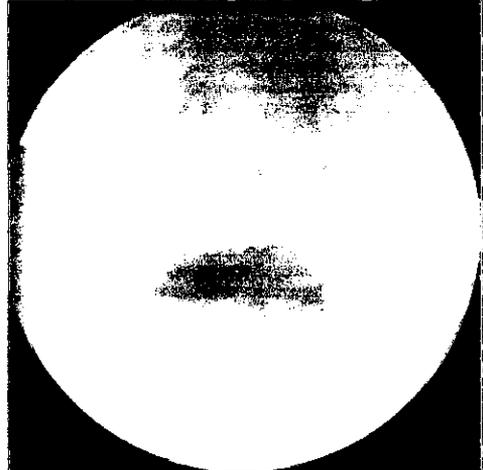
Colapso vertebral de T12



Gamagrafía ósea - SPECT con hipercaptación a nivel de T 12



Venografía realizada con medio de contraste no iónico



Cemento óseo en cuerpo vertebral

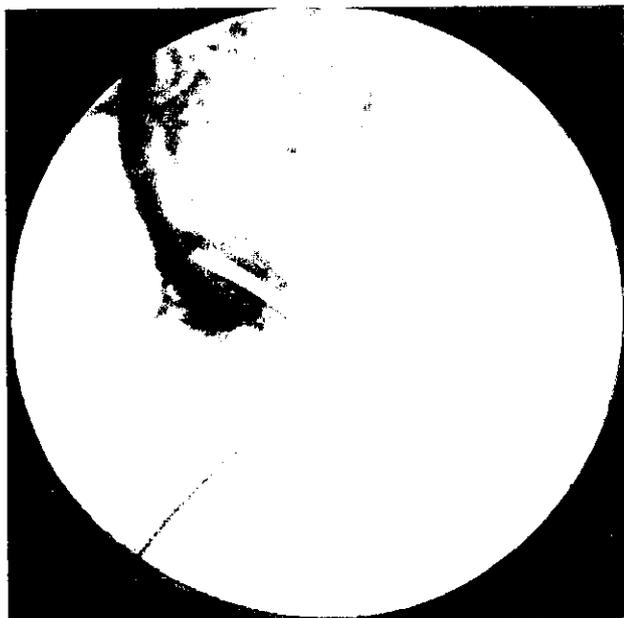


TC posterior al procedimiento visualizando un adecuado llenado del cuerpo vertebral.

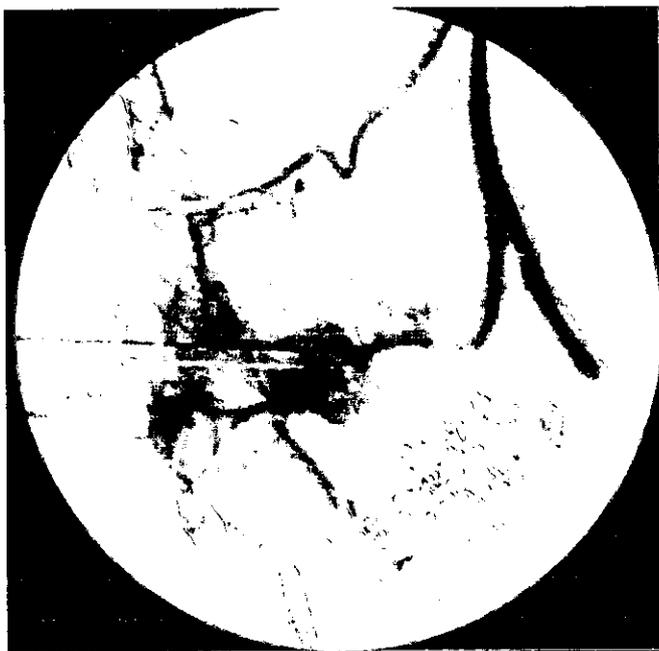
CASO 4 Paciente femenina de 80 años con osteoporosis severa, y fracturas por colapso vertebral de T9 - T10.

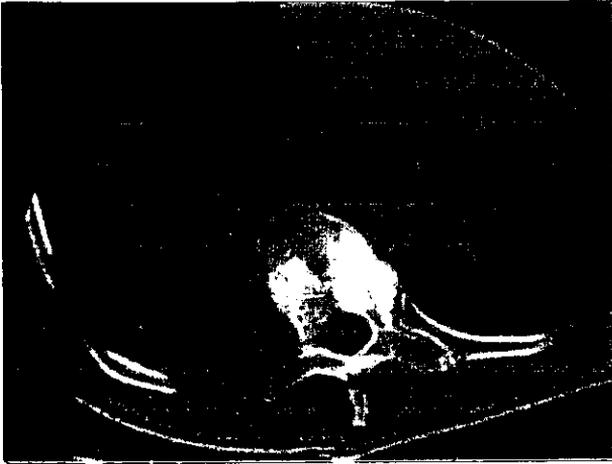


Efecto mielográfico mostrando marcada rotoescoliosis



Venografía durante el segundo procedimiento donde se observa una importante opacificación venosa. Se reposicionó la aguja obteniéndose un llenado satisfactorio del cuerpo vertebral





**Se realizan dos
vertebroplastías
percutáneas en dos
procedimientos,
a nivel de T9 y después T10**

**Control por TC de T9 con
ventana para hueso**



**Control final en RX
lateral donde
se aprecia
metilmetacrilato a
nivel
de T9 Y T10**

CONCLUSIONES

Las fracturas de los cuerpos vertebrales secundarios a osteoporosis son un problema en aumento en la tercera edad. Esta patología es una causa frecuente de dolor incapacitante con consecuencias físicas, psicológicas y familiares relevantes. La terapia médica convencional no siempre es efectiva en estos pacientes aunque siempre debe ser la primera línea de tratamiento.

La vertebroplastia percutánea es un procedimiento efectivo, con un alto índice de seguridad y fácil de implementar. Además, produce un alivio muy importante del dolor, reduciendo el uso de analgésicos y narcóticos. A los pacientes sometidos a vertebroplastia les permite una deambulación precoz, lo cual les ayuda a reintegrarse a sus actividades diarias y mejora su calidad de vida.

Este procedimiento es una alternativa en el tratamiento del colapso vertebral que, en la mayoría de los pacientes, ayuda en la consolidación vertebral y en el alivio del dolor. Sin embargo, el éxito de este procedimiento depende en gran medida de los criterios de selección que se utilizan, junto con una evaluación clínica por un equipo multidisciplinario. Radiólogos, clínicos, ortopedistas y cirujanos deben conocer cuáles son las indicaciones de este procedimiento y sus posibles aplicaciones en el futuro.

BIBLIOGRAFÍA

1. Aaron, J., Makins, N. *The Microanatomy of Trabecular Bone Loss in Normal Aging Men and Women*. Bone 1987; 215: 260 - 269
2. Antonacci, D., Hanson, D. *Regional Variation in Vertebral Bone Density and Trabecular Architecture Are Influenced by Osteoarthritic Change and Osteoporosis*. SPINE 1997; 22: 2392-2401
3. Barr, M. S., Barr, J. D. *Percutaneous vertebroplasty* (invited commentary) Radiographics 1998, 18: 320 -322
4. Cyteval, C, Baron, M., Roux, J. *Acute Osteoporotic Vertebral Collapse: Open Study on Percutaneous Injection of Acrylic Surgical Cement in 20 Patients* AJR 1999; 173: 1685 - 1690
5. Cook, D., Guyatt, G., Adachi, J. *Quality of Life Issues in Women with Vertebral Fractures Due to Osteoporosis*. Arthritis and Rheumatism 1993; 36: 750 - 755
6. Cortet, B., Cotton, A. *Percutaneous Vertebroplasty in the Treatment of Osteoporotic Vertebral Compression Fractures: An Open Prospective Stud.* J. of Rheumatology 1999; 26: 2222- 2228.
7. Cotton, A., Boutry, N., Cortet, B. *Percutaneous Vertebroplasty: State of the Art* Radiographics 1998; 18: 311- 320
8. Cotton, A., Deramond, H., Cortet, B., et al. *Preoperative Percutaneous Injection of Methyl Methacrylate and N - Butyl Cyanoacrylate in Vertebral Hemangiomas*. AJNR 1996; 137 - 147.
9. Cotton, A., Dewatre, F., Cortet, B. *Percutaneous Vertebroplasty for Osteolytic Metastases and Myeloma: Effects of the Percentage of Lesion Filling and the Leakage of Methyl Methacrylate at Clinical Follow Up*. Radiology 1996; 200: 525 - 530.
10. Cotton, A., Dewatre, F., Cortet, B., et al. *Percutaneous Vertebroplasty for Osteolytic Metastases and Myeloma: Effects of the Percentage of Lesion Filling and the Leakage of Methyl Methacrylate at Clinical Follow Up*. Radiology 1998 ; 200: 525 - 530.
11. Cyteval, C. et al. *Acute Osteoporotic Vertebral Collapse: Open Study on Percutaneous Injection of Acrylic Cement in 20 Patients*. AJR 1999;173: 1685-1685.
12. Deramond, H., Despriester, C., Galibert. *Percutaneous vertebroplasty with polymethylmethacrylate: technique, indications and results*. Radiol. Clin. North Am. 1998;36:533-546.
13. Deramond, H., Galibert, P., Bebusche, C. et al. *Percutaneous Vertebroplasty with methyl - methacrylate; technique, method, results*. Radiology 1990; 177: (P). 352.
14. Gangi, A., Kastler, B., Dietmann. *Percutaneous vertebroplasty guided by a combination of CT and fluoroscopy*. AJNR 1994; 15: 83 -86.
15. Gold, D. T. *The Clinical Impact of Vertebral Fractures: Quality of Life in Women with Osteoporosis*. Bone 1996 Vol 18. 3: 185S - 189S

16. Grote, H. *Intervertebral Variation in Trabecular Microarchitecture Throughout the Normal Spine in Relation to Age*. Bone 1995;16: 301- 308
17. Jensen, M., Evans, A., Mathis, J. *Percutaneous Polymethylmethacrylate Vertebroplasty in the Treatment of Osteoporotic Vertebral Body Compression Fractures: Technical Aspects*. AJNR 1997 18: 1897 - 1904.
18. Oda, K. *Morphogenesis of Vertebral Deformities in Involutional Osteoporosis*. SPINE 1998; 23: 1050 - 1056.
19. Ojeda, A. *Vertebroplastia Acrilica Estabiliza la Columna*. Diagnostic Imaging America Latina 1999: 12 - 17
20. Manelfe, C. *Imaging of the Spine and and Spinal Cord*. 1992 Raven Press Ltd.
21. Mathis, J., Petri, M., Naff, N. *Percutaneous Vertebroplasty Treatment of Steroid - Induced Osteoporotic Compression Fractures* Arthritis & Rheumatism 1998; 41: 171 - 175
22. Mathis, J., Petri, Michelle. *Percutaneous Vertebroplasty Treatment of Steroid Induced Osteoporotic Compression Fractures*. Arthritis and Rheumatism 1998; 41: 171- 175.
23. Melton, L. J. *Epidemiology of Spinal Osteoporosis*. SPINE 1997; 22: 2S -11S.
24. Mosekilde, L. *Age Related Changes in Vertebral Trabecular Bone Architecture Assessed by a New Method*. Bone 1988; 9: 247- 250.
25. Murillo, A., et al. *Osteoporosis en la mujer postmenopáusica mexicana. Magnitud del problema. Estudio multicéntrico*. Ginecología y Obstetricia de México, 1999; 67: 227 - 233
26. Nevitt, M., Ettinger, B. *The Association of Radiographically Detected Vertebral Fractures with Back Pain and Function: A Prospective Study*. Annal of Internal Medicine 1998; 128: 793- 800.
27. Oda, K., Shibayama, Y., Abe, M. *Morphogenesis of Vertebral Deformities in Involutional Osteoporosis*. Spine 1998, 23: 1050 - 1056
28. Padovani, B. *Pulmonary Embolism Caused by Acrylic Cement: A Rare Complication of Percutaneous Vertebroplasty*. AJNR 1999; 20: 375 - 377.
29. Rosenthal, L. *Sketetal Imaging*, 1990. Appleton Century.
30. Tohmeh, A., Mathis, J. *Biomechanical Efficacy of Unipedicular Versus Bipedicular Vertebroplasty for the Management of Osteoporotic Compression Fractures*. SPINE 1999; 24: 1772 - 1776.
31. Villegas, H. et al. *Estudio de la osteoporosis y osteopenia por medio de radiología, densitometría, morfometría y micoscopia de barrido en la tercera vértebra lumbar en una muestra de hombres y mujeres en la ciudad de México*. Ginecología y Obstetricia de México, 1998; 66: 187 - 200.
32. Weill, A., Chiras, J., Simon, J. *Spinal Metastases: Indicacation for and Results of Percutaneous Injection of Acrylic Surgical Cement*. Radiology 1996; 199: 241- 247.
33. Wilson, D., Myers, E. *1999 Young Investigator Research Award Runner Up*. SPINE 2000; 25: 158 - 165.