



Octubre-Diciembre 2025
Vol. 3, núm. 4 / pp. 274-284

Recibido: 02 de Mayo de 2025
Aceptado: 08 de Junio de 2025

doi: 10.35366/120972



Seguimiento ambispectivo a largo plazo de la cifoplastía más radiofrecuencia por pulsos como tratamiento estándar para las fracturas vertebrales por compresión

Long-term ambispective follow-up of kyphoplasty plus pulsed radiofrequency as a standard treatment for vertebral compression fractures

José Antonio Chávez López,*[†] Jorge Luis Hernández Bello,*[§]
Reyna Daena Chávez Cisneros*,[¶]

Palabras clave:
cifoplastía, ambispectivo,
radiofrecuencia, osteoporosis.

Keywords:
*kyphoplasty, ambispective,
radiofrequency, osteoporosis.*

RESUMEN

Objetivo: evaluar la eficacia y seguridad de la cifoplastía combinada con radiofrecuencia pulsada (RF-P) en facetas articulares como tratamiento estándar para fracturas vertebrales por compresión.

Material y métodos: estudio multicéntrico, ambispectivo con fase retrospectiva (2014-2020) y prospectiva (2021-2024) que incluyó 400 pacientes con edad ≥ 50 años (67 % mujeres). Se registraron datos demográficos, niveles fracturados, escala visual analógica (EVA) del dolor, índice de discapacidad Oswestry (ODI), comorbilidades y complicaciones. El procedimiento consistió en cifoplastía percutánea estandarizada seguida de RF-P. Se analizaron las variables en el tiempo prequirúrgico, al primer día, uno, tres, seis meses y anualmente hasta 10 años. **Resultados:** el puntaje de dolor evaluado mediante EVA disminuyó de 9.2 ± 0.7 preoperatorio a 0.78 ± 0.68 al primer día postoperatorio, una reducción absoluta de ~ 8.4 puntos ($\approx 91\%$ menos dolor, $p < 0.001$ por prueba t pareada). El ODI era, en promedio, $88.8\% \pm 6.5$; posterior a la intervención, el Oswestry disminuyó a 25% a las 24 horas, continuando con mejoría en la funcionalidad a largo plazo. Las complicaciones fueron bajas: fractura adyacente 8%, fuga de cemento 3%, infección 0%. No hubo diferencias significativas en resultados según diabetes, hipertensión, obesidad u osteoporosis. **Conclusiones:** la cifoplastía con RF-P proporciona alivio inmediato y sostenido del dolor, mejora funcional significativa y perfil de seguridad favorable, consolidándose como opción terapéutica estándar en fracturas vertebrales por compresión.

ABSTRACT

Objective: to evaluate the efficacy and safety of kyphoplasty combined with pulsed radiofrequency (PRF) applied to facet joints as a standard treatment for vertebral compression fractures.

Material and methods: multicenter, ambispective study with a retrospective phase (2014-2020) and a prospective phase (2021-2024), including 400 patients aged ≥ 50 years (67% women). Data collected included demographics, fractured levels, visual analog scale (VAS) for pain, Oswestry Disability Index

* Hospital Regional de Alta Especialidad ISSSTE Morelia. Michoacán, México.

[†] Profesor titular de Neurocirugía. ORCID: 0009-0001-0533-980X

[§] Residente de Neurocirugía. ORCID: 0009-0004-7222-5740

[¶] Médico pasante del servicio social. ORCID: 0009-0001-9397-9013

Correspondencia:
Jorge Luis Hernández Bello
E-mail: jor.lhb@hotmail.com

Citar como: Chávez LJA, Hernández BJL, Chávez CRD. Seguimiento ambispectivo a largo plazo de la cifoplastía más radiofrecuencia por pulsos como tratamiento estándar para las fracturas vertebrales por compresión. Cir Columna. 2025; 3 (4): 274-284. <https://dx.doi.org/10.35366/120972>



(ODI), comorbidities, and complications. The procedure consisted of standardized percutaneous kyphoplasty followed by PRF. Variables were analyzed preoperatively, on postoperative day 1, and at 1, 3, and 6 months, then annually for up to 10 years. **Results:** mean VAS pain scores decreased from 9.2 ± 0.7 preoperatively to 0.78 ± 0.68 on the first postoperative day, an absolute reduction of ~8.4 points ($\approx 91\%$ less pain, $p < 0.001$, paired t-test). The baseline ODI averaged $88.8\% \pm 6.5\%$; after the intervention, it dropped to 25% within 24 hours, with continued long-term improvement in functionality. Complication rates were low: adjacent fracture 8%, cement leakage 3%, and infection < 0%. No significant differences in outcomes were found based on diabetes, hypertension, obesity, or osteoporosis. **Conclusions:** kyphoplasty combined with PRF provides immediate and sustained pain relief, significant functional improvement, and a favorable safety profile, establishing it as a standard therapeutic option for vertebral compression fractures.

Abreviaturas:

EVA = escala visual analógica

FVC = fracturas vertebrales por compresión

ODI = índice de discapacidad Oswestry (Oswestry Disability Index)

RF-P = radiofrecuencia pulsada

INTRODUCCIÓN

Las fracturas vertebrales por compresión (FVC) constituyen una entidad clínica prevalente, especialmente en adultos mayores, representando una causa frecuente de dolor severo y discapacidad funcional.¹ Estas fracturas suelen ser resultado de procesos degenerativos como la osteoporosis, traumatismos menores o incluso patologías neoplásicas metastásicas. La creciente incidencia de osteoporosis asociada al envejecimiento poblacional ha incrementado considerablemente la prevalencia de fracturas vertebrales por compresión en los últimos años, constituyéndose en un problema significativo de salud pública con una fuerte carga económica y social.^{2,3} Clínicamente, las fracturas vertebrales por compresión generan dolor intenso, limitación significativa en la movilidad y reducción notable de la calidad de vida. El dolor persistente asociado a estas fracturas no sólo limita las actividades cotidianas de los pacientes, sino que también contribuye a complicaciones secundarias graves, como inmovilidad prolongada, infecciones respiratorias, úlceras por presión, depresión y deterioro cognitivo, aumentando considerablemente la mortalidad y morbilidad en esta población.^{4,5}

La cifoplastía es una opción de tratamiento mínimamente invasivo para el alivio del dolor en fracturas vertebrales por compresión. Este procedimiento puede proveer un alivio inmediato del dolor permitiendo un retorno a las actividades de la vida diaria posterior a la intervención. Actualmente existen diferentes alternativas de tratamiento para las fracturas vertebrales por compresión agudas, las opciones de tratamiento van desde un manejo conservador, manejo percutáneo mínimamente invasivo o cirugía abierta.⁶ El manejo

conservador incluye reposo, uso de ortesis ortopédicas y analgésicos. El manejo quirúrgico se basa en dos alternativas principales; la fijación transpedicular ya sea abierta o por mínima invasión y la cirugía percutánea con cementación del cuerpo vertebral, que incluye la vertebroplastía y la cifoplastía. El manejo definitivo es individualizado en cada caso, valorando si existe compromiso neurológico, tipo de fractura, tiempo transcurrido y la presencia de comorbilidades. La técnica de radiofrecuencia por pulsos a las facetas articulares modula las vías nociceptivas sin destruir tejido nervioso, lo que representa una alternativa complementaria segura para potenciar el efecto analgésico de la cifoplastía, especialmente en casos donde coexiste dolor axial facetario.^{7,8}

En este contexto, el presente estudio tiene como objetivo principal evaluar la eficacia, seguridad y evolución clínica del tratamiento combinado de cifoplastía con radiofrecuencia pulsada en facetas articulares como tratamiento estándar en pacientes con fracturas vertebrales por compresión, abordando específicamente su impacto sobre el control del dolor, la recuperación funcional, la incidencia de complicaciones y la calidad de vida percibida por los pacientes en un periodo de seguimiento amplio, utilizando un diseño ambispectivo que combina la evaluación retrospectiva y prospectiva para ofrecer resultados clínicamente relevantes. Este enfoque permitirá realizar una comparación directa y detallada del control del dolor y recuperación funcional antes y después del procedimiento combinado, proporcionando evidencia sólida que respalde su inclusión como estándar de atención en el manejo integral de las fracturas vertebrales por compresión, especialmente en poblaciones geriátricas.

MATERIAL Y MÉTODOS

El presente estudio empleó un diseño ambispectivo, con una fase retrospectiva (enero de 2014 a diciembre

de 2020) y una fase prospectiva (enero de 2021 a diciembre de 2024), siendo llevado a cabo en múltiples centros (*Tabla 1*). Se incluyeron pacientes, diagnosticados con fracturas vertebrales por compresión de uno a tres niveles mediante radiografías simples, tomografía de columna vertebral y resonancia magnética; pacientes que fueron intervenidos mediante cifoplastía combinada con radiofrecuencia pulsada (RF-P) en fa-

Tabla 1: Variables y características basales de la cohorte (N = 400).

Variables	%
Edad (años)*	72 ± 10
Sexo femenino	78
Nivel vertebral más afectado	L4
EVA prequirúrgico*	9.2 ± 0.7
ODI prequirúrgico*	44.4 ± 3.2
Diabetes mellitus	61.3
Hipertensión arterial	47.5
Obesidad	52.5
Fuga de cemento	0.2
Infección del sitio quirúrgico	0.0
Fractura adyacente	1.5

EVA = escala visual analógica del dolor. ODI = Oswestry Disability Index (índice de discapacidad Oswestry).

* Valores expresados en media ± desviación estándar.

cetas articulares; pacientes con diagnóstico mediante densitometría de osteoporosis. Se excluyeron aquellos con infecciones activas en sitio de punción, trastornos hematológicos graves o casos con lesión medular con manifestación de síntomas y signos neurológicos.

La selección de los participantes se realizó mediante muestreo consecutivo de pacientes intervenidos en el periodo mencionado. Para la fase retrospectiva, se revisaron sistemáticamente los expedientes clínicos, extrayendo variables demográficas (edad, género), datos clínicos (tipo de fractura, niveles vertebrales afectados, gravedad del dolor preoperatorio evaluado mediante escala visual analógica [EVA], grado de discapacidad medido por Oswestry), comorbilidades (diabetes mellitus, hipertensión arterial, obesidad, osteoporosis), y complicaciones postoperatorias documentadas (fuga de cemento, fractura adyacente e infecciones postquirúrgicas). La fase prospectiva implicó la aplicación del mismo protocolo quirúrgico combinado (cifoplastía más RF-P en facetas articulares) y una evaluación prospectiva estructurada y periódica de las mismas variables mencionadas anteriormente, además de una evaluación exhaustiva del seguimiento clínico a largo plazo, que incluyó evaluaciones sistemáticas en el primer día postoperatorio, y posteriormente al primer mes, tres meses, seis meses, y anualmente hasta completar un seguimiento máximo de tres años, durante las cuales se aplicaron instru-

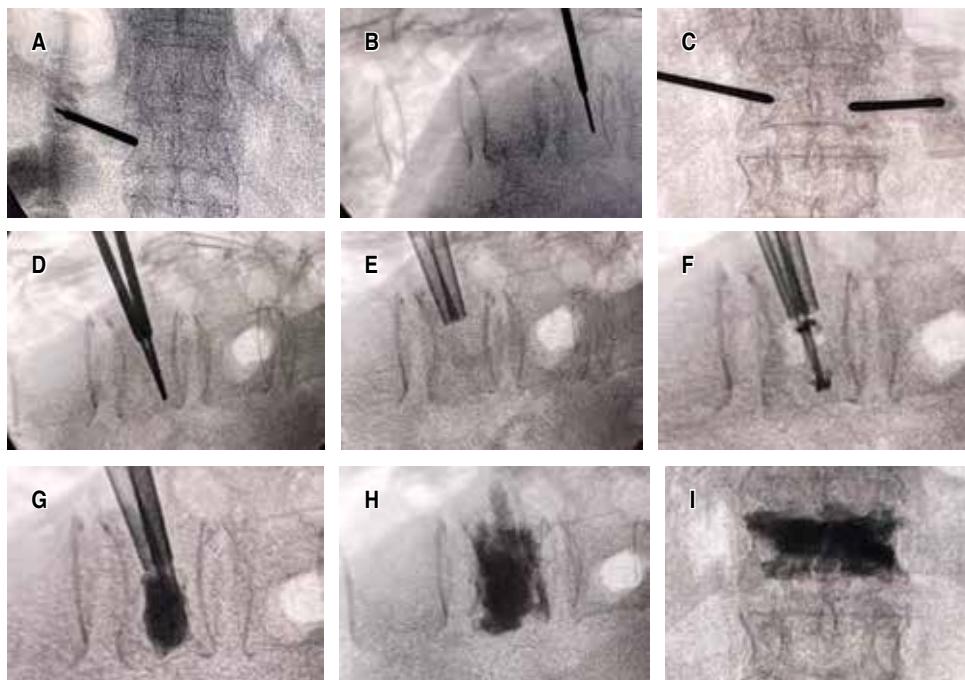


Figura 1:

Técnica de cifoplastía bipedicular mediante fluoroscopia. **A)** Punto de entrada al pedículo. **B)** Avance de cánula y guía hasta el cuerpo vertebral. **C y D)** Se continúa procedimiento al lado contralateral. **E)** Colocación de cánulas de trabajo. **F)** Colocación de globos. **G-I)** Cementación de cuerpo vertebral.

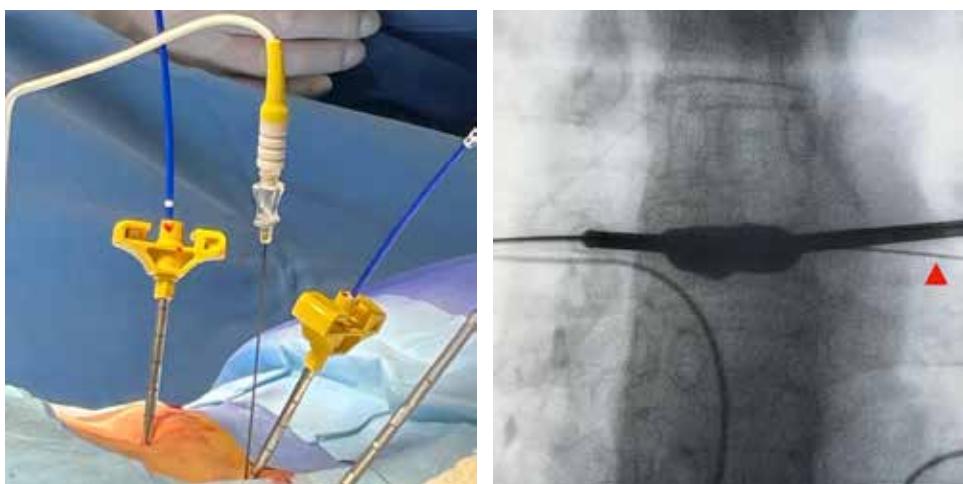


Figura 2:

Imagen transquirúrgica y de fluoroscopia con colocación de aguja de radiofrecuencia en faceta articular.

mentos estandarizados para evaluar la intensidad del dolor mediante la EVA y el índice de discapacidad Oswestry,. Se registraron minuciosamente todas las complicaciones asociadas al procedimiento, incluyendo fuga de cemento hacia estructuras adyacentes, incidencia de nuevas fracturas en niveles vertebrales adyacentes e infecciones quirúrgicas.

El procedimiento quirúrgico se estandarizó para todos los participantes. La cifoplastía se realizó con el paciente bajo anestesia general o sedación profunda según el criterio anestésico individualizado. La técnica implicó la inserción percutánea de cánulas a través de abordaje posterior bilateral hasta alcanzar la vértebra afectada, seguida de inflado de balones específicos para la restauración de la altura vertebral y estabilización del cuerpo vertebral con cemento radiopaco (polimetilmetacrilato, PMMA). Posteriormente, de manera inmediata tras concluir la cifoplastía, se aplicó la técnica de RF-P en las facetas articulares correspondientes al nivel tratado. Este procedimiento fue realizado utilizando un equipo especializado de RF-P, ajustado a parámetros estandarizados (temperatura máxima de 42 °C, pulsos con duración de 20 ms y una pausa de 480 ms durante cuatro minutos por cada faceta articular tratada) (*Figuras 1 y 2*).

El análisis estadístico se llevó a cabo utilizando el software SPSS versión 25. Se realizó una descripción detallada de variables demográficas, clínicas y complicaciones empleando estadística descriptiva (media, desviación estándar, porcentajes). Se aplicaron pruebas paramétricas (*t* de Student para muestras relacionadas) y no paramétricas (Wilcoxon y Mann-Whitney) según la distribución de los datos para evaluar diferencias significativas en la evolución clínica y funcional

pre y postoperatoria. Se consideró estadísticamente significativo un valor *p* inferior a 0.05, garantizando la robustez y fiabilidad del análisis presentado.

RESULTADOS

Se incluyeron 400 pacientes operados con cifoplastía por fracturas vertebrales por compresión de origen osteoporótico. La edad promedio fue 67 ± 6 años (rango 55-89 años), con 65.5% de mujeres y 34.5% de hombres. La distribución etaria predominó en el rango de 65 a 80 años (58%). Todos los pacientes presentaban osteoporosis documentada como comorbilidad. Además, las comorbilidades más frecuentes fueron: diabetes mellitus (61.3% de los pacientes), hipertensión arterial (47.5%) y obesidad (52.5%). En términos de niveles vertebrales afectados, se registró una prevalencia mayor en fracturas de localización lumbar baja (L3-L5) con 46%, seguida por la región torácica baja (T10-T12) con 32%, y combinaciones de ambas localizaciones en el 22% restante.

En cuanto a la presentación clínica inicial, el dolor lumbar incapacitante fue un hallazgo universal. El puntaje de dolor preoperatorio medido por la EVA fue en promedio 9.2 ± 0.7 , con mediana de 9 (rango 8 a 10), lo que indica que prácticamente todos los pacientes tenían dolor intenso antes del procedimiento (*Tabla 2*). De igual forma, el grado de discapacidad funcional preoperatoria medido con el índice de discapacidad de Oswestry (ODI) fue muy elevado: promedio 44.4 ± 3.2 puntos, equivalente a 88.8% de discapacidad; por tanto, todos los pacientes se encontraban en rangos de discapacidad severa previo a la cirugía ($ODI > 40$ puntos).

La mejoría del dolor posterior a la cifoplastía fue marcada e inmediata. El puntaje de dolor medio por EVA disminuyó de 9.2 ± 0.7 preoperatorio a 0.78 ± 0.68 al primer día postoperatorio, una reducción absoluta de 8.4 puntos (91% menos dolor, $p < 0.001$ con prueba t pareada). Esta diferencia demuestra significancia estadística y relevancia clínica, con prácticamente todos los pacientes pasando de dolor intenso a dolor mínimo en 24 horas. De hecho, el 98.5% de los pacientes presentó EVA ≤ 2 al día siguiente de la cirugía, es decir, dolor leve o nulo, mientras que ningún paciente tenía EVA < 8 antes del procedimiento. La mejoría en el dolor se mantuvo a lo largo del seguimiento; a un mes del procedimiento estándar la EVA promedio fue 0.78; a tres meses 0.76; y a un año 0.62. En el subgrupo con seguimiento más prolongado, la EVA media fue < 0.3 a los dos años y prácticamente 0 (sin dolor) en controles de más de tres, cinco y 10 años. Desde el punto de vista estadístico, la diferencia en la intensidad de dolor antes y después del procedimiento fue altamente significativa. En una comparación pareada pre versus un año, por ejemplo, se confirmó una reducción promedio de 8.6 puntos en la EVA (de 9.2 a 0.6; t de Student pareada, $p < 0.0001$). Todos los pacientes experimentaron algún grado de mejoría del dolor. Cabe destacar que aquellos con dolor preoperatorio más intenso tendieron a lograr mayores reducciones absolutas en la EVA (correlación positiva entre EVA inicial y magnitud de mejoría, $r \approx 0.81$, $p < 0.001$), aunque el resultado final fue similarmente bueno (EVA \leq

2) para la gran mayoría. Estos hallazgos concuerdan con lo reportado en la literatura, donde la cifoplastía proporciona un alivio significativo y rápido del dolor que se mantiene en el largo plazo.^{9,10}

De forma paralela al dolor, se documentó una mejoría sustancial en la función y calidad de vida tras la cifoplastía, evaluada mediante el ODI. Preoperatoriamente, el porcentaje en el ODI era en promedio $88.8\% \pm 6.5$ (indicativo de discapacidad grave). Tras la intervención, el ODI disminuyó a 25% a las 24 horas, lo que representa una mejoría inmediata de aproximadamente 64 puntos porcentuales (reducción absoluta de 44 a 12 puntos de 50, $p < 0.001$). Todos los pacientes mostraron disminución de su puntuación ODI en el postoperatorio temprano, cambiando en muchos casos desde categoría de "discapacitado severo" a "discapacidad moderada" en un solo día. Esta mejoría funcional continuó mejorando ligeramente con el tiempo. Al tercer mes postcirugía, el ODI promedio bajó a 24%, y a seis meses 22%. Para el año postprocedimiento, el ODI promedio fue $21.4\% \pm 8.1$ (aproximadamente 10.7 ± 4.0 puntos de 50). Es decir, en un año se logró en promedio convertir una condición de discapacidad grave (88% de limitación) en una de discapacidad moderada-leve (21%) (*Figura 3*). En seguimientos prolongados, conforme los pacientes continuaron con rehabilitación y tratamiento de la osteoporosis, la funcionalidad siguió mejorando: a dos años el ODI promedio fue 9.7% (discapacidad mínima) y

Tabla 2: Seguimiento de la escala visual analógica (EVA) del dolor e índice de discapacidad Oswestry (ODI).

	Pacientes n	Media \pm DE	Rango
EVA			
Pre	400	9.2125 ± 0.7474	8.0-10.0
Un día	400	0.7775 ± 0.6849	0.0-3.0
Un año	323	0.6191 ± 0.5577	0.0-2.2
Dos años	298	0.2718 ± 0.4531	0.0-2.0
Tres años	264	0.0909 ± 0.3009	0.0-2.0
10 años	15	0.0 ± 0.0	0.0-0.0
ODI			
Pre	400	44.3775 ± 3.2482	40.0-50.0
Un día	400	12.8050 ± 3.6804	5.0-20.0
Un año	323	10.7027 ± 4.0384	1.0-20.0
Dos años	298	4.8523 ± 2.1551	1.0-11.0
Tres años	264	3.1931 ± 1.9255	1.0-8.0
10 años	15	0.6666 ± 0.8164	0.0-2.0

DE = desviación estándar.

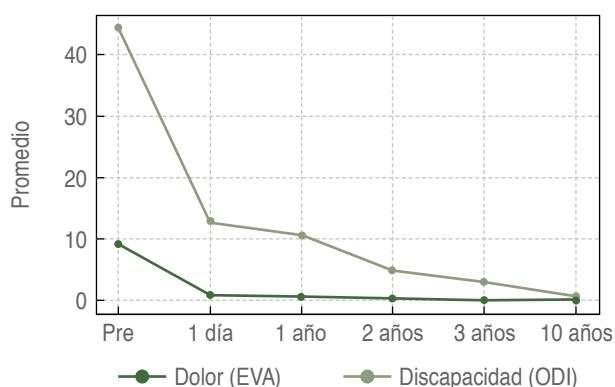


Figura 3: Evolución del dolor y discapacidad posterior a la cifoplastía.

EVA = escala visual analógica. ODI = índice de discapacidad Oswestry.

en los pacientes evaluados a 5-10 años fue 2.7%, acercándose a una independencia completa.

Al evaluar la relación entre el dolor referido y el grado de discapacidad funcional, se encontró que en el preoperatorio estos parámetros estaban débilmente correlacionados ($r \approx 0.03$, $p = 0.55$; es decir, pacientes con EVA más alta no necesariamente tenían ODI más alto, posiblemente debido a variaciones individuales en tolerancia al dolor o adaptaciones funcionales). Sin embargo, ambos indicadores sí mostraron una fuerte correlación con su propia mejoría postoperatoria. Como se mencionó, quienes iniciaban con dolor más intenso experimentaron mayores reducciones absolutas en la EVA (aunque todos llegaron a valores bajos similares); y análogamente, pacientes con ODI preoperatorio más alto tendieron a lograr las reducciones absolutas más amplias en discapacidad ($r \approx 0.64$, $p < 0.001$). Es importante destacar que la mejoría en dolor y la mejoría en discapacidad no tuvieron una correlación lineal directa entre sí ($r = -0.017$, $p = 0.75$), lo cual sugiere que la relación entre el alivio del dolor y la recuperación funcional es compleja y puede variar caso a caso. En general, todos mejoraron mucho en ambos aspectos, pero la magnitud exacta de la reducción del dolor no predijo estrictamente la magnitud de la ganancia funcional para cada individuo. Factores como el estado muscular, la rehabilitación y el miedo al movimiento podrían modular esa relación en distintos pacientes.^{11,12}

El análisis detallado por subgrupos de comorbilidades reveló que la eficacia del tratamiento combinado no fue significativamente influenciada por la presencia de diabetes mellitus, hipertensión arterial, obesidad u osteoporosis. Pacientes diabéticos mos-

traron una reducción en la EVA similar a los no diabéticos (de 8.8 a 1.3 puntos versus 8.7 a 1.2 puntos, respectivamente, $p = 0.56$). Resultados comparables se observaron en pacientes hipertensos (de 8.9 a 1.3 puntos versus 8.6 a 1.1 puntos en no hipertensos, $p = 0.42$) y pacientes obesos (de 8.7 a 1.4 puntos versus 8.7 a 1.2 puntos en pacientes no obesos, $p = 0.67$). El ODI presentó tendencias similares, confirmando que las comorbilidades mencionadas no afectaron significativamente la recuperación funcional tras el procedimiento combinado.

Respecto a las complicaciones asociadas, la tasa general fue baja. La complicación más frecuentemente registrada fue la fractura vertebral adyacente, con una incidencia acumulada del 7%, ocurriendo mayormente dentro de los primeros dos años postoperatorios. La fuga de cemento ocurrió en 2.5% de los casos; en todos ellos fue asintomática y sin requerir tratamiento adicional. La infección de herida quirúrgica no se reportó en ningún paciente (0%); la ausencia de infecciones postoperatorias sugiere adecuadas medidas de asepsia y profilaxis antibiótica (*Tabla 3*). Un análisis adicional reveló que la incidencia de complicaciones no mostró variaciones significativas al estratificar por edad o género, aunque se observó una leve tendencia a un incremento en la incidencia de fracturas adyacentes en pacientes mayores de 80 años (11 versus 6% en menores de 80 años, $p = 0.07$). La incidencia de fuga de cemento y las infecciones tampoco mostraron diferencias significativas entre subgrupos etarios o género. No hubo casos de lesión neurológica, sangrado significativo u otras complicaciones sistémicas inherentes al procedimiento. En resumen, la seguridad del procedimiento fue alta, con tasa global de complicaciones de 1.75% (todas de baja gravedad y manejables). Esto apoya el que la cifoplastía es un método seguro para el tratamiento de fracturas osteoporóticas, con un perfil de riesgos claramente favorable en comparación con los beneficios obtenidos.¹³⁻¹⁵

En términos generales, la satisfacción reportada por los pacientes respecto al procedimiento

Tabla 3: Complicaciones postoperatorias.

Complicación	n	%
Fractura adyacente	28	7
Fuga de cemento	10	2.5
Infección quirúrgica	0	0

Figura 4:

Mujer de 66 años con fractura vertebral por compresión, la cual fue intervenida mediante cifoplastía. **A y B)** Estudio prequirúrgico de tomografía computarizada (TC) y resonancia magnética (RM) que demuestran fractura de L1 y L2. **C)** Seguimiento a los cinco años con TC. **D)** Seguimiento a los 10 años con TC.



combinado fue alta, destacando el alivio inmediato del dolor como uno de los aspectos más positivos. La evaluación global subjetiva realizada por los pacientes al final del seguimiento indicó que 92% consideró que el tratamiento combinado había mejorado significativamente su calidad de vida, facilitando su reincorporación a actividades cotidianas y disminuyendo la necesidad de analgésicos a largo plazo. Estos resultados reflejan que la cifoplastía más radiofrecuencia no sólo reduce el dolor, sino que mejora notablemente la capacidad funcional de los pacientes, lo que facilita su reincorporación a las actividades de la vida diaria.

DISCUSIÓN

Tradicionalmente, el tratamiento de las fracturas vertebrales por compresión ha sido conservador, enfocando en el reposo, la administración de analgésicos, la terapia física y la utilización de ortesis para reducir el dolor y facilitar la movilidad temprana. Sin embargo, el manejo conservador frecuentemente no logra resultados satisfactorios en términos de alivio del dolor y recuperación funcional a largo plazo, especialmente en pacientes con fracturas severas o múltiples.^{16,17} Esto ha llevado al desarrollo y creciente adopción de técnicas quirúrgicas mínimamente invasivas que buscan estabilizar rápidamente la vértebra afectada, reducir el dolor de manera inmediata y facilitar una recuperación funcional precoz y sostenida. Entre estas técnicas quirúrgicas, la vertebroplastía y la cifoplastía han ganado amplia aceptación por su eficacia comprobada en estabilizar la estructura vertebral fracturada y proporcionar un alivio rápido del dolor

(Figura 4). La cifoplastía, en particular, ha demostrado ventajas adicionales sobre la vertebroplastía, como la recuperación parcial de la altura vertebral y menor riesgo de complicaciones asociadas con la fuga de cemento hacia los tejidos adyacentes.^{18,19} Aunque la cifoplastía ofrece resultados positivos en la mayoría de los casos, persiste una proporción considerable de pacientes que experimentan dolor residual postoperatorio, frecuentemente vinculado con patologías de las articulaciones facetarias adyacentes, las cuales suelen verse afectadas directa o indirectamente por el proceso de fractura o por alteraciones biomecánicas secundarias a la fractura y su tratamiento. Este dolor facetario residual representa un desafío clínico significativo, dado que limita considerablemente la recuperación funcional óptima.^{20,21} La necesidad de abordar este tipo específico de dolor residual ha motivado la exploración de estrategias complementarias que puedan integrarse a la cifoplastía para optimizar el control del dolor inmediato y sostenido en el periodo postoperatorio. Dentro de estas estrategias complementarias, la RF-P aplicada a las facetas articulares ha emergido recientemente como una técnica innovadora y prometedora, debido a su capacidad para producir neuromodulación efectiva sin destruir irreversiblemente las estructuras nerviosas implicadas.^{22,23}

La RF-P es una técnica de neuromodulación que aplica energía electromagnética en pulsos cortos y repetidos, produciendo un efecto reversible sobre las fibras nerviosas sensitivas responsables de la transmisión del dolor. Su uso en el tratamiento del dolor crónico de origen facetario ha sido ampliamente estudiado y documentado, con evidencia creciente

que respalda su eficacia clínica y su excelente perfil de seguridad, particularmente en comparación con técnicas más invasivas o destructivas como la radiofrecuencia convencional.^{24,25} La combinación de cifoplastía y RF-P aplicada a las facetas articulares representa, por tanto, un enfoque terapéutico integral que busca aprovechar las ventajas mecánicas y analgésicas inmediatas de la cifoplastía junto con los beneficios neuromoduladores específicos de la RF-P. Este enfoque combinado podría ofrecer un alivio más completo y duradero del dolor, mejorando significativamente la calidad de vida de los pacientes intervenidos y reduciendo la necesidad de terapias analgésicas prolongadas que podrían estar asociadas a efectos adversos considerables.

El presente estudio aporta evidencia que respalda la eficacia y seguridad del tratamiento combinado de cifoplastía con RF-P en las facetas articulares para pacientes con fracturas vertebrales por compresión. El análisis detallado de los resultados clínicos confirma una reducción significativa e inmediata del dolor, que persiste a largo plazo. Este hallazgo concuerda con reportes previos en la literatura que sugieren que la aplicación de RF-P en las articulaciones facetarias puede optimizar sustancialmente el control del dolor residual posterior a intervenciones vertebrales, particularmente cuando el origen del dolor tiene componentes facetarios.²⁶ El mecanismo propuesto para esta efectividad es la capacidad de la RF-P para inducir una neuromodulación reversible de las fibras nerviosas sensitivas, reduciendo la transmisión del estímulo doloroso de manera significativa, sin generar lesiones permanentes en las estructuras nerviosas adyacentes. Esta propiedad es particularmente valiosa, ya que permite un alivio sostenido del dolor sin los riesgos asociados a

técnicas neuroablativas irreversibles, proporcionando una solución balanceada y segura para los pacientes. La mejoría observada en la discapacidad funcional, medida a través del ODI, complementa la reducción significativa del dolor y refleja el beneficio integral del procedimiento combinado. Esta recuperación funcional inmediata y sostenida es especialmente relevante en poblaciones geriátricas vulnerables, en las cuales la reducción de discapacidad tiene implicaciones directas en la autonomía, calidad de vida y disminución del riesgo de complicaciones secundarias como inmovilidad prolongada, deterioro cognitivo, y complicaciones respiratorias o dermatológicas asociadas a una vida sedentaria.²⁷⁻³⁰

El análisis de subgrupos realizado en este estudio demostró que la presencia de comorbilidades comunes como diabetes mellitus, hipertensión arterial, obesidad y osteoporosis, no afectó significativamente la efectividad del procedimiento combinado. Estos hallazgos son particularmente relevantes desde el punto de vista clínico, ya que indican que la combinación de cifoplastía y RF-P puede aplicarse de manera efectiva en poblaciones con múltiples condiciones crónicas concomitantes, sin detrimento en los resultados obtenidos. La ligera variabilidad observada en pacientes osteoporóticos, aunque sin relevancia clínica sustancial, sugiere la necesidad de una monitorización específica en esta población, particularmente en términos de control del dolor a largo plazo.

La incidencia baja de complicaciones observadas en nuestro estudio refuerza el perfil favorable de seguridad del tratamiento combinado (*Figura 5*). La fractura vertebral adyacente fue la complicación más común, lo cual es congruente con estudios previos que documentan que la redistribución biomecánica tras

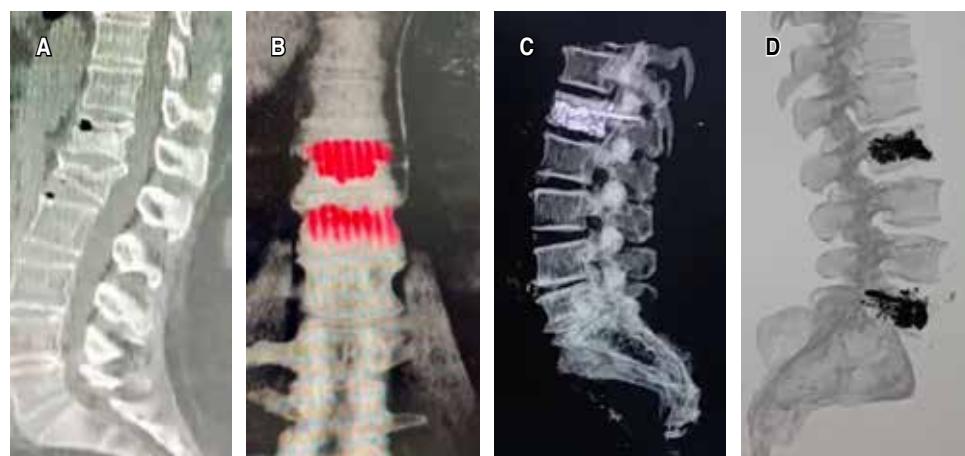


Figura 5:

Paciente masculino de 70 años con fractura vertebral por compresión de T12 y L1. **A y B)** Estudio de tomografía computarizada (TC) pre y postquirúrgico inmediato. **C)** TC postquirúrgica de paciente con fractura de L1. **D)** TC postquirúrgica al primer día de paciente con fractura de L2 y L5.



Figura 6:

Paciente femenino de 62 años con fractura vertebral por compresión intervenida.

A) tomografía computarizada (TC) prequirúrgica con fractura de L4. **B)** TC postquirúrgica al primer año. **C)** Radiografía anteroposterior de control a los tres años. **D)** TC de seguimiento a los cinco años.

estabilizar una vértebra fracturada puede aumentar ligeramente el riesgo de fracturas en vértebras adyacentes. A pesar de ello, la incidencia observada de 8% está dentro del rango esperado según la literatura existente.^{31,32} La baja incidencia de fuga de cemento (3%) y su ausencia de relevancia clínica significativa, coincide con estudios previos que reportan que esta complicación, aunque relativamente frecuente en procedimientos vertebrales con cemento, raramente produce complicaciones clínicas significativas.³³⁻³⁵ La ausencia de infecciones postoperatorias refleja el éxito en la adherencia a protocolos estrictos de asepsia y profilaxis antibiótica.^{36,37} Este resultado destaca aún más la seguridad del procedimiento combinado, especialmente en pacientes de alto riesgo debido a múltiples comorbilidades.

Finalmente, la alta tasa de satisfacción subjetiva reportada por los pacientes destaca un aspecto crucial: la percepción positiva por parte del paciente en relación con el procedimiento realizado, lo que subraya no sólo la relevancia clínica objetiva del tratamiento, sino también su impacto positivo en la percepción subjetiva del paciente respecto a su calidad de vida y recuperación funcional (*Figura 6*). En conjunto, estos resultados refuerzan la recomendación de considerar la combinación de cifoplastía y RF-P en facetas articulares como tratamiento estándar en fracturas vertebrales por compresión. No obstante, futuras investigaciones multicéntricas, con grupos comparativos más amplios y seguimiento a largo plazo aún más extenso, podrían aportar mayor robustez a estos resultados y contribuir a la optimización de protocolos específicos que maximicen los beneficios clínicos y reduzcan al mínimo los riesgos asociados.

CONCLUSIONES

La combinación de cifoplastía y radiofrecuencia pulsada en facetas articulares constituye un tratamiento altamente efectivo y seguro para pacientes con fracturas vertebrales por compresión. Esta técnica combinada proporciona alivio inmediato y sostenido del dolor, con una notable mejora en la discapacidad funcional, evidenciada persistentemente en el seguimiento a largo plazo del presente estudio. El procedimiento presenta una baja incidencia de complicaciones, lo que demuestra una seguridad adecuada incluso en pacientes con múltiples comorbilidades médicas como diabetes mellitus, hipertensión arterial, obesidad y osteoporosis. La baja tasa de complicaciones observada, especialmente en términos de fracturas vertebrales adyacentes, fuga de cemento e infecciones, resalta la eficacia de la técnica quirúrgica y los protocolos clínicos aplicados.

El análisis estadístico y la elevada satisfacción subjetiva reportada por los pacientes confirma que este abordaje terapéutico mejora significativamente la calidad de vida, facilitando la recuperación temprana y sostenida de la autonomía funcional y reduciendo de manera importante la necesidad de tratamientos analgésicos prolongados. Con base en estos resultados, se recomienda ampliamente considerar esta combinación como estándar terapéutico en el tratamiento de fracturas vertebrales por compresión, especialmente en pacientes adultos mayores, ya que ofrece ventajas clínicas claras en términos de eficacia analgésica, recuperación funcional y perfil de seguridad. Estudios adicionales multicéntricos y con seguimientos aún más prolongados son necesarios para confirmar y

ampliar estos resultados, y podrían contribuir a optimizar aún más los protocolos clínicos específicos, asegurando los mejores resultados posibles para los pacientes intervenidos.

REFERENCIAS

1. Zhang Y, Wang Y, Li Y, Zhang Y, Wang Y, Zhang Y, et al. Comparison of the efficacy and safety of percutaneous vertebroplasty and kyphoplasty for osteoporotic vertebral compression fractures: A systematic review and meta-analysis. *Medicine (Baltimore)*. 2025; 104: e33097. doi: 10.1097/MD.00000000000033097
2. Gozel T, Ortiz AO. Vertebral augmentation for osteoporotic vertebral compression fractures: what is the current evidence pro and con? *Radiol Clin North Am*. 2024; 62: 979-991. doi: 10.1016/j.rcl.2024.03.004
3. Sun Y, Li X, Ma S, Chong H, Cai T, Li K, et al. Comparison of the efficacy and safety of unilateral and bilateral approach kyphoplasty in the treatment of osteoporotic vertebral compression fractures: a meta-analysis. *Jt Dis Relat Surg*. 2024; 35: 491-503. doi: 10.52312/jdrs.2024.1701
4. Krishnan S, Brovman EY, Jones MR, Manzi JE, Kim JS, Rao N, et al. Racial and socioeconomic disparities in kyphoplasty among the Medicare population. *Pain Pract*. 2024; 24: 76-81. doi: 10.1111/papr.13286
5. Garfin SR, Yuan HA, Reiley MA. New technologies in spine: kyphoplasty and vertebroplasty for the treatment of painful osteoporotic compression fractures. *Spine (Phila Pa 1976)*. 2001; 26: 1511-1515. doi: 10.1097/00007632-200108010-00020
6. Liu JT, Li CS, Chang CS, Liao WJ. Long-term follow-up study of osteoporotic vertebral compression fracture treated using balloon kyphoplasty and vertebroplasty. *J Neurosurg Spine*. 2015; 23: 94-98. doi: 10.3171/2014.11.SPINE14579
7. Wardlaw D, Van Meirhaeghe J, Ranstam J, Bastian L, Boonen S. Balloon kyphoplasty in patients with osteoporotic vertebral compression fractures. *Expert Rev Med Devices*. 2012; 9: 423-436. doi: 10.1586/erd.12.27
8. Chang X, Lv YF, Chen B, Li HY, Han XB, Yang K, et al. Vertebroplasty versus kyphoplasty in osteoporotic vertebral compression fracture: a metaanalysis of prospective comparative studies. *Int Orthop*. 2015; 39: 491-500. doi: 10.1007/s00264-014-2525-5
9. Teraguchi M, Nakagawa Y, Nakatani T, Minetama M, Enyo Y, Maeda T, et al. Effectiveness of ultra-early balloon kyphoplasty at one year after osteoporotic vertebral fracture. *J Orthop Sci*. 2024; S0949-2658(24)00261-6. doi: 10.1016/j.jos.2024.11.005
10. Kapetanakis S, Chaniotakis C, Zavridis P, Kopsidas P, Apostolakis S, Gkantsikoudis N. Vertebroplasty and kyphoplasty in the management of osteoporotic vertebral compression fractures in elderly individuals: evaluation of the health-related quality of life. *Eur J Transl Myol*. 2024; 34: 12274. doi: 10.4081/ejtm.2024.12274
11. Li C, Ji H, Cui D, Zhuang S, Zhang C. Association between sarcopenia on residual back pain after percutaneous kyphoplasty for osteoporotic vertebral compression fractures. *J Orthop Surg Res*. 2025; 20: 550. doi: 10.1186/s13018-025-05902-0
12. Seah SJS, Yeo MHX, Tan JH, Hey HWD. Early cement augmentation may be a good treatment option for pain relief for osteoporotic compression fractures: a systematic review and meta-analysis. *Eur Spine J*. 2023; 32: 1751-1762. doi: 10.1007/s00586-023-07658-9
13. Hirsch JA, Gilligan C, Chandra RV, Brook A, Gasquet NC, Ricker CN, et al. Real-world rates and risk factors for subsequent treatment with vertebroplasty or balloon kyphoplasty after initial vertebral augmentation: a retrospective cohort study. *Osteoporos Int*. 2025; 36: 129-140. doi: 10.1007/s00198-024-07294-z
14. Grafe IA, Da Fonseca K, Hillmeier J, Meeder PJ, Libicher M, Noldge G, et al. Reduction of pain and fracture incidence after kyphoplasty: 1-year outcomes of a prospective controlled trial of patients with primary osteoporosis. *Osteoporos Int*. 2005; 16: 2005-2012. doi: 10.1007/s00198-005-1982-5
15. Li Y, Yue J, Huang M, Lin J, Huang C, Chen J, et al. Risk factors for postoperative residual back pain after percutaneous kyphoplasty for osteoporotic vertebral compression fractures. *Eur Spine J*. 2020; 29: 2568-2575. doi: 10.1007/s00586-020-06493-6
16. McCullough BJ, Comstock BA, Deyo RA, Kreuter W, Jarvik JG. Major medical outcomes with spinal augmentation vs conservative therapy. *JAMA Intern Med*. 2013; 173: 1514-1521. doi: 10.1001/jamainternmed.2013.832
17. Benedict C, Chopra AA, Pitcher M, Jeansonne N, Fox E. Rate of osteoporosis evaluation and treatment following kyphoplasty in patients with vertebral compression fractures: a retrospective study and review of the literature. *Geriatr Orthop Surg Rehabil*. 2025; 16: 21514593251332463. doi: 10.1177/21514593251332463
18. Kushchayev SV, Wiener PC, Teytelboym OM, Arrington JA, Khan M, Preul MC. Percutaneous vertebroplasty: a history of procedure, technology, culture, specialty, and economics. *Neuroimaging Clin N Am*. 2019; 29: 481-494. doi: 10.1016/j.nic.2019.07.011
19. Tombeng MA, Lauren C, Mahadewa TG. Unilateral percutaneous balloon kyphoplasty for thoracic osteoporotic vertebral compression fractures: a case report and literature review. *Surg Neurol Int*. 2024; 15: 311. doi: 10.25259/SNI_526_2024
20. McCormick ZL. The growth of radiofrequency denervation for pain indications. *Pain Med*. 2021; 22: S1. doi: 10.1093/pain/pnab164
21. Bai M, Wang H, Li A, Zhang T. Effect of percutaneous kyphoplasty combined with percutaneous microwave

- ablation on pain and clinical outcome in patients with spinal metastases. Eur Spine J. 2025; 34: 657-664. doi: 10.1007/s00586-024-08558-2
22. Stolzenberg D, Ahn JJ, Kurd M. Lumbar radiofrequency ablation: procedural technique. Clin Spine Surg. 2020; 33: 20-23. doi: 10.1097/BSD.00000000000000780
 23. Golovac S. Radiofrequency neurolysis. Neuroimaging Clin N Am. 2010; 20: 203-214. doi: 10.1016/j.nic.2010.02.007
 24. Chen X, Wang Y, Sheng B, Jiang H. Application of comfortable therapy in percutaneous kyphoplasty (PKP) for osteoporotic vertebral compression fractures. Asian J Surg. 2024; 47: 4501-4502. doi: 10.1016/j.asjsur.2024.07.222
 25. Mehta R, Koneru M, Badger C, Santucci J, Al-Atrache Z, Clay CM, et al. Minimally invasive treatment with radiofrequency ablation and kyphoplasty for avascular necrosis of the spine in sickle cell disease: illustrative case. J Neurosurg Case Lessons. 2024; 8: CASE24343. doi: 10.3171/CASE24343
 26. Park S, Jang JN, Park JH, Song Y, Sooil C, Kim YU, et al. Comparing the effectiveness of pulsed radiofrequency treatment to lumbar dorsal root ganglion according to application times in patients with lumbar radicular pain: protocol for a randomised controlled trial. BMJ Open. 2024; 14: e077847. doi: 10.1136/bmjopen-2023-077847
 27. Zhao H, Ren K, Dong X, Liao B. The clinical efficacy of percutaneous vertebroplasty combined with postural reduction versus kyphoplasty: a systematic review and meta-analysis. J Back Musculoskelet Rehabil. 2025: 10538127241296690. doi: 10.1177/10538127241296690
 28. Than CA, Adra M, Curtis TJ, Shi A, Kim GE, Nakanishi H, et al. The effect of exercise post vertebral augmentation in osteoporotic patients: a systematic review and meta-analysis. J Orthop Res. 2023; 41: 2703-2712. doi: 10.1002/jor.25631
 29. Zhao G, Liu X, Li F. Balloon kyphoplasty versus percutaneous vertebroplasty for treatment of osteoporotic vertebral compression fractures (OVCFs). Osteoporos Int. 2016; 27: 2823-2834. doi: 10.1007/s00198-016-361
 30. Zhao DH, Chen K, Zhu J, Yang X, Dong F, Wang WB. Postoperative functional evaluation of percutaneous vertebroplasty compared with percutaneous kyphoplasty for vertebral compression fractures. Am J Ther. 2016; 23: e1381-e1390. doi: 10.1097/MJT.0000000000000223
 31. Shen S, You X, Ren Y, Ye S. Adjacent vertebral refracture prediction model based on imaging data after vertebroplasty for osteoporotic vertebral compression fracture. World Neurosurg. 2024; 190: e548-e553. doi: 10.1016/j.wneu.2024.07.169
 32. Zhang A, Lin Y, Kong M, Chen J, Gao W, Fan J, et al. A nomogram for predicting the risk of new vertebral compression fracture after percutaneous kyphoplasty. Eur J Med Res. 2023; 28: 280. doi: 10.1186/s40001-023-01235-y
 33. Sheen S, Hasan P, Sun X, Wang J, Tatsui C, Nouri K, et al. Retrospective analysis of cement extravasation rates in vertebroplasty, kyphoplasty, and bone tumor radiofrequency ablation. J Clin Med. 2025; 14: 2908. doi: 10.3390/jcm14092908
 34. Dai X, Chen L, Pan D, Zhao H, Ma L. Bone cement embolism causing right ventricle perforation. BMC Cardiovasc Disord. 2025; 25: 101. doi: 10.1186/s12872-025-04551-9
 35. Cho SJ, Magale H, Dimitrov K. Cemented in place: kyphoplasty-associated pulmonary cement embolism: a case report. J Med Case Rep. 2024; 18: 407. doi: 10.1186/s13256-024-04656-3
 36. Tang J, Liu J, Gu Z, Zhang Y, Yang H, Li Z. The temporal and spatial relationship between percutaneous vertebral augmentation and new symptomatic fractures. Diagn Interv Radiol. 2024; 30: 262-269. doi: 10.4274/dir.2023.221424
 37. Matsumoto K, Hoshino M, Omori K, Igarashi H, Matsuzaki H, Sawada H, et al. The relationship between global sagittal balance and the incidence of early adjacent vertebral fractures following balloon kyphoplasty. World Neurosurg. 2023; 175: e818-e822. doi: 10.1016/j.wneu.2023.04.027

Conflictos de intereses: los autores declaran no tener conflicto de intereses para la elaboración de esta investigación.