

Cifoplastia percutánea con balón en el tratamiento de aplastamientos vertebrales. Evaluación en nuestro medio

Percutaneous balloon kyphoplasty in the treatment of vertebral collapse. Evaluation in our environment

Cañadillas Rueda, Rodrigo
Domingo Montesinos, Noelia
Villalba Tejero, José Antonio

Servicio de Cirugía Ortopédica y Traumatología. Complejo Hospitalario de Jaén

rodricaru@hotmail.com

Rev. S. And. Traum. y Ort., 2014; 31 (2/2): 53-61

Recepción: 22/12/2014. Aceptación: 27/12/2014

Resumen

Introducción: Las fracturas vertebrales representan un importante problema de salud en la población. Por grupos de edad, la etiología varía ampliamente, siendo los traumatismos toracolumbares de alta energía en el contexto de precipitaciones y accidentes de tráfico la causa más frecuente en pacientes jóvenes y de mediana edad, y los aplastamientos vertebrales secundarios a fracaso por estrés de hueso patológico la causa más habitual en edades avanzadas, siendo además el sustrato patológico vertebral más habitual la existencia de metástasis óseas, tumores primarios vertebrales, ó la concomitancia de osteoporosis, ostensiblemente más prevalente a medida que aumenta la edad en la población de estudio. La vertebroplastia y la cifoplastia con balón son técnicas percutáneas de mínima invasión, indicadas en el tratamiento de ciertas fracturas somáticas vertebrales, basadas en la introducción intrasomática de cemento (PMMA) ó sustitutos óseos.

Objetivo: Presentamos una revisión de las fracturas vertebrales que fueron tratadas en nuestro centro mediante cifoplastia percutánea con balón, y un análisis de los resultados obtenidos de acuerdo con

Abstract

Introduction: Vertebral fractures are a major health problem in the population. By age group, the etiology varies widely, with the thoracolumbar high-energy trauma in the context of rainfall and traffic accidents the most common in young and middle-aged patients cause, and secondary to vertebral compression failure stress of pathological bone the most common cause in old age, being also the most common spinal significantly more prevalent as the pathological substrate bone metastases, primary vertebral tumors, or the concomitant osteoporosis, increasing age in the study population. Vertebroplasty and kyphoplasty balloon are minimally invasive percutaneous techniques, indicated in the treatment of certain somatic vertebral fractures, based in the introduction of cement (PMMA) or bone substitutes into the vertebral body.

Objective: We present a review of vertebral fractures who were treated in our hospital by percutaneous balloon kyphoplasty, and an analysis of the results obtained in accordance with accepted by the scientific community and the recent literature.

Conclusions: Percutaneous balloon kyphoplasty

lo aceptado por la comunidad científica y la literatura en el momento actual.

Conclusiones: La cifoplastia percutánea con balón es una técnica segura, fiable y recomendable según indicación, en el tratamiento de fracturas vertebrales, mejorando los resultados obtenidos mediante el tratamiento convencional (conservador vs. artrodesis instrumentada), reduciendo la morbilidad asociada por dolor, efecto cifosante y daño reumático y neurológico secundario a la progresión de deformidades, permitiendo al paciente la incorporación precoz a sus actividades cotidianas y a su ocupación laboral, con una tasa de complicaciones asumibles y el consiguiente ahorro para el sistema sociosanitario.

Palabras clave: Fractura vertebral, aplastamiento, vertebroplastia, cifoplastia, balón, percutánea.

is a safe , reliable and recommended technique as indicated in the treatment of vertebral fractures by improving the results obtained by the conventional treatment (conservative vs. instrumented arthrodesis), reducing the morbidity associated, pain, cifosis effect and secondary rheumatic and neurological damage to the progression of deformity , allowing the patient early incorporation into their daily activities and their occupation, with a rate of assumable complications and consequent savings for the social services system.

Keywords: vertebral fracture, crushing, vertebroplasty, kyphoplasty, ball, percutaneous.

Introducción

A principios de los años 40 del pasado siglo, Jean y Robert Judet introdujeron el uso de cementos acrílicos de polimetilmetacrilato (PMMA) para la fijación de prótesis parciales de rodilla. Posteriormente Charnley extendió su uso a otras indicaciones como las prótesis de cadera, y otras muchas que han dado lugar a las numerosas aplicaciones que histórica y actualmente se le han dado a este material en el ámbito de la Cirugía Ortopédica y Traumatológica. Entre estos usos, en el ámbito de la cirugía raquídea destacan las técnicas de refuerzo vertebral percutáneo: vertebroplastia y la cifoplastia percutánea con balón.

La vertebroplastia percutánea fue desarrollada por primera vez en 1987 por Galibert y Deramond⁷, en el Hospital Universitario de Amiens (Francia), para el tratamiento de tumores espinales benignos, como relleno del vacío óseo tras excisión de angiomas vertebrales sintomáticos. Años después, se documentaron los resultados de los primeros usos de PMMA para el tratamiento percutáneo de los hemangiomas vertebrales, con un primer informe favorable de 7 pacientes de forma empírica, constituyendo el inicio del desarrollo de la técnica en EEUU y Europa a principios de 1990 ganando posteriormente gran popularidad como tratamiento de las fracturas vertebrales⁷.

Con objeto de reducir la morbilidad, y conseguir además de la mejoría del dolor, mejoría de la calidad de vida, restaurar parcialmente la alineación sagital y la altura normal del cuerpo vertebral, se desarrolló la técnica de cifoplastia percutánea con balón, llevada a cabo y desarrollada por primera vez por Reiley^{14,12} en 1998, como técnica indicada en fracturas / aplastamientos del cuerpo vertebral¹⁴. Phillips et al. y Watts et al. han establecido recientemente la capacidad de la cifoplastia para recuperar la altura vertebral y mejorar el alineamiento espinal^{15,16} :

- Técnica de refuerzo estructural vertebral
- Técnica estabilizadora al provocar la disminución de la macro y micromovilidad en el foco de fractura somática vertebral
- Técnica analgésica¹⁶ por el efecto neurotóxico y térmico durante la polimerización del cemento. Erickson y colaboradores abogan más por la reacción exotérmica que acompaña a la polimerización del cemento como origen del alivio del dolor¹.

Los buenos resultados y la evolución de la técnica quirúrgica han hecho que estos procedimientos se extiendan a nuevas indicaciones terapéuticas, como por ejemplo ciertas fracturas vertebrales metastásicas, osteoporóticas y traumáticas⁴. Ésta última ha provocado que dichas técnicas se realicen cada vez en pacientes más jóvenes.

En los últimos 15 años se han desarrollado sistemas, técnica, indicaciones, y se han introducido mejoras que han contribuido a los buenos resultados y a la evolución del proceso quirúrgico¹², hechos que han conducido a la obtención de espectaculares resultados con la consecuente expansión y desarrollo quirúrgico, que han hecho que hasta la fecha se hayan realizado más de 115.000 procedimientos en todo el mundo en más de 100.000 pacientes.

Los primeros trabajos acerca del uso de fosfato cálcico en la reparación de defectos óseos se remontan a principios de los años 20. Desde entonces muchos son los estudios que se han realizado con distintos fosfatos de calcio, inicialmente en forma granular mezclados con partículas de cerámica y a partir de mediados de los años 80 en forma de cemento. Los cementos biológicos tienen la ventaja de ser biocompatibles, biodegradables y osteoconductivos.

A pesar de la aceptación que han tenido entre los distintos cirujanos ortopédicos, son procesos quirúrgicos relativamente novedoso de reciente experiencia y desarrollo, por lo que el uso de estos biomateriales en las técnicas de refuerzo vertebral percutáneo, generan actualmente mucha expectativa sobre su comportamiento a largo plazo.

Técnica quirúrgica:

1) Indicaciones:

- a) Fracturas osteoporóticas^{15,16}:
 - Con existencia de hundimiento de hasta el 70% de la altura vertebral normal
 - Con persistencia del dolor tras 6-8 semanas de tratamiento conservador
 - Existencia de edema óseo en RNM (evidencia de captación en T2 y en STIR).
 - Hallazgos en TAC y gammagrafía (+), teniendo en cuenta que los hallazgos gammagráficos al emplear tecnecio, pueden ser apreciables hasta 2 años después del acontecimiento de la fractura, por lo que puede ser fuente de falsos positivos, y que la gammagrafía es una técnica que puede resultar tediosa y dificultosa para la discriminación de lesiones agudas y crónicas.
- b) Tumores vertebrales líticos:
 - Metástasis y mieloma⁵.
 - Hemangiomas sintomáticos.

c) Indicaciones de aparición reciente:

- granuloma eosinófilo
- linfoma vertebral
- osteogénesis imperfecta.
- espondilitis de Kummell

2) Contraindicaciones¹³:

- Alteraciones de la coagulación.
- Infección vertebral local o sepsis. Abscesos. Osteomielitis, Discitis.
- Extensa lisis de los contornos vertebrales
- Colapso de más de 2/3 de la altura del cuerpo (vértebra en “galleta”).
- Compresión de estructuras neurales (médula o radicular).
- Concomitancia de estenosis de canal mayor al 20%.
- EPOC o cardiopatías graves (relativa).
- Tratamiento médico efectivo.
- Fracturas antiguas asintomáticas.
- Alergia a componentes del proceso (PMMA, contrastes).
- Proceso neofornativo con compresión neural.
- Dolor no relacionado con la fractura actual.

3) Consideraciones prequirúrgicas:

En todos los casos en los que se opte por una técnica de refuerzo estructural vertebral, debe hacerse un estudio minucioso y pormenorizado del caso. Se hace imprescindible la escrupulosa planificación quirúrgica y análisis clínico, anamnesis adecuada, y evaluación de las pruebas complementarias correspondientes:

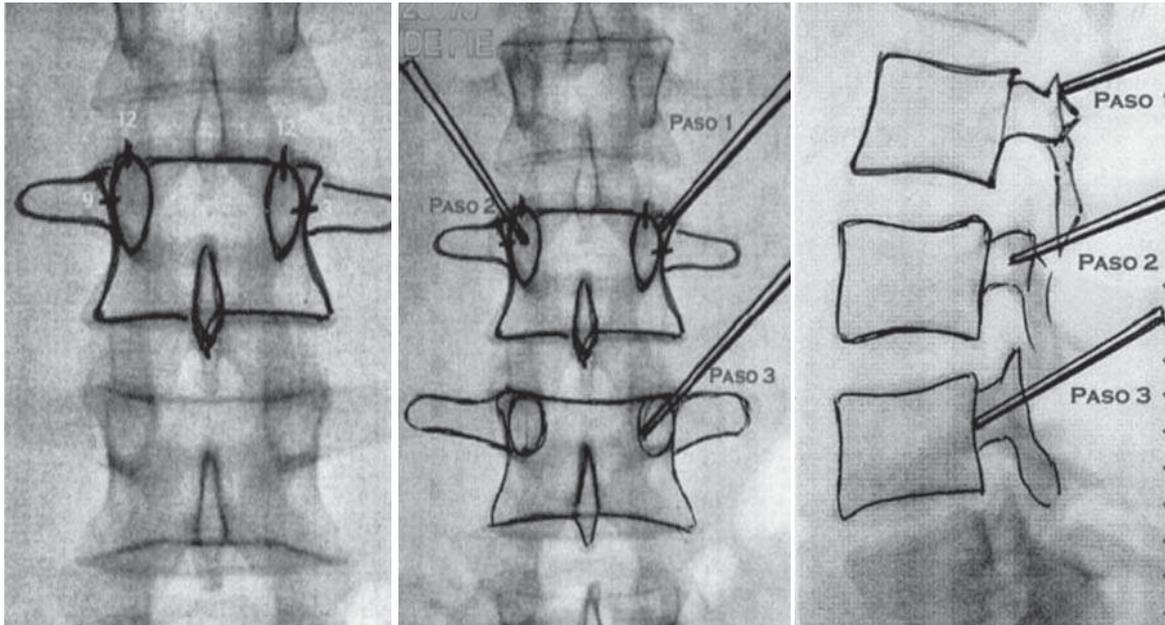
- Nivel de la vértebra lesionada.
- Número de vértebras patológicas.
- Tipo de lesión.
- Ubicación de la lesión en la vértebra.
- Edad.
- Causa de la lesión (Osteoporótica, traumática ó metastásica).
- Edad del paciente.
- Estado del paciente.
- Forma del cuerpo vertebral y pedículos. Estudio de TAC y Rx.

Se puede optar por un proceso quirúrgico bajo bloqueo anestésico local ó general, tras el cual, el paciente será colocado en posición de decúbito prono en “trineo”, de forma que puedan colocarse ade-

cuadramente los arcos en C para la intensificación de imágenes en monitor para el soporte de imagen durante la intervención.

Se practican dos incisiones de aproximadamente 1 cm cada una, equidistantes de la línea media marcada por las espinosas, para un adecuado abordaje que se puede realizar por dos vías:

- Vía transpedicular¹³ (vía de Craig): De elección en fracturas que afecten a columna lumbar y toracolumbar baja. Se realiza un abordaje bilateral mediante cánulas de 3-4 mm de diámetro. El cemento no rebasará la línea media. Es el abordaje de elección.



Figuras 1,2 y 3: Abordaje del del cuerpo vertebral según la vía de Craig. Referencia por imagen de la localización del pedículo vertebral en el plano anteroposterior y lateral. Orientación y presentación de la cánula entre las 12 y las 3 en plano posteroanterior, y en el ángulo posterosuperior del pedículo en el plano lateral, para abordar el muro posterior en su punto medio.

- Vía extrapedicular: A través de apófisis transversa ó unión costotransversa, siendo de elección cuando exista imposibilidad técnica para el abordaje de Craig ó la fractura asiente en la columna torácica media-alta.
- Instrumental específico¹³:
 - Trocar de punción: aguja de Jamshidi de 11 G de calibre.
 - Alambres guía (romo o con punta).
 - Introducutor óseo.
 - Cánula de trabajo de 4.2 mm de diámetro.
 - Broca manual de precisión.
 - Cateter de balones inflables, uni o bidireccionales, de 10, 15 o 20 mm.
 - Jeringa de inflado controlado.
 - Introducutores del cemento óseo (bone filler) (cánula -de menor luz que la de trabajo- y estilete).

Desarrollo de la técnica:

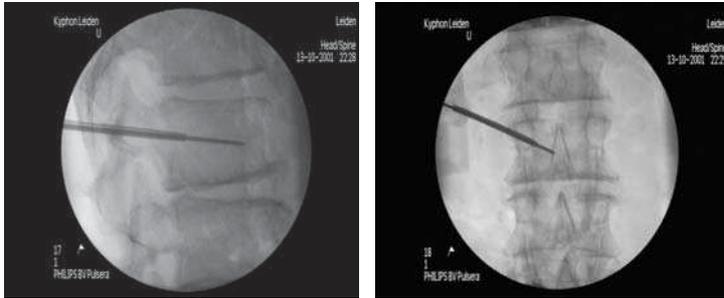


Fig. 4 y 5. Presentación e introducción de la "Aguja de Jamshidi" para marcar la trayectoria. Una vez aceptada la trayectoria, introducir sobre la aguja de Jamshidi la "Sonda K".

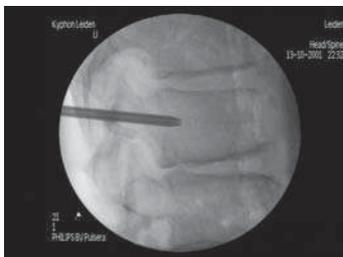


Fig. 6. Montaje del "Osteoinductor" sobre la Sonda K.



Fig. 7. Canal preparado.

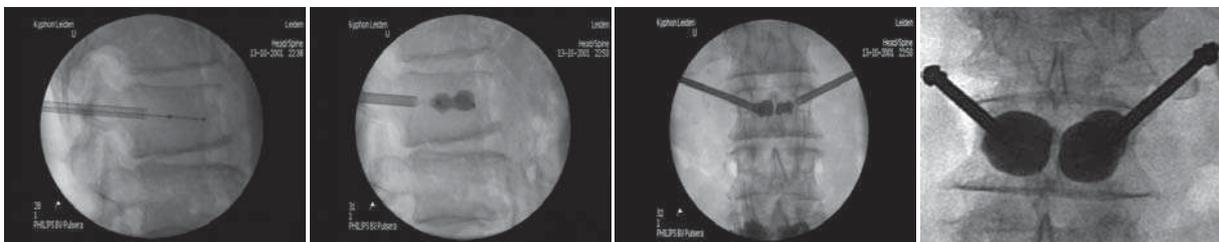


Fig. 8-11. Introducción de la sonda con balón e inflado del mismo

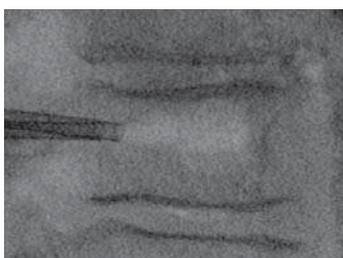


Fig. 12. Retirada del balón. Cavity creada: Se ha compactado el hueso esponjoso intrasomático, creando un espacio que podrá ser ocupada por cemento viscoso a presión controlada.

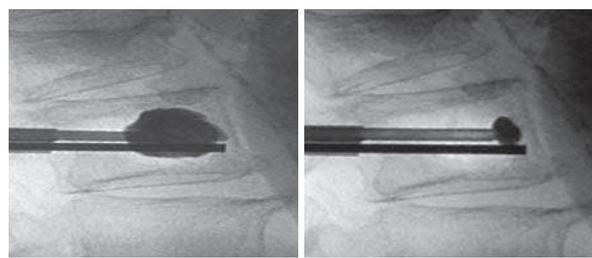


Fig. 13 y 14. Relleno de la cavity: De 2 a 5 cc de PMMA por vértebra a 300 mba de presión. Como máximo, se pueden intervenir tres niveles. Belkoff et al. establecieron que para restaurar la resistencia a la fractura de una vértebra (en el cadáver), es suficiente con una pequeña cantidad de cemento: 4.4 ml en la región lumbar, 3.1 ml en la región toráco-lumbar, y 2.5 ml en el resto de niveles torácicos².

Complicaciones

La proporción de complicaciones comunicadas con ambos procedimientos es escasa^{3,4}. Sin embargo, la extravasación del cemento más allá de los confines de la vértebra resulta frecuente en la vertebroplastia, comunicándose entre un 20 y un 72.5% según las series^{5,6,7}, lo que podría acarrear un daño médulorrádiculo⁸ o un embolismo a distancia⁹, aunque, por lo general, no suelen tener repercusión clínica¹⁰. Con la cifoplastia se reducen las complicaciones por extravasación de cemento a niveles inferiores al 1%¹¹. El porcentaje de complicaciones graves alcanza el 0.2% por fractura^{12,13}.

Objetivos:

Para la evaluación del desarrollo de la técnica quirúrgica “cifoplastia percutánea con balón” en nuestro centro, se ha planteado un estudio retrospectivo observacional, tomando como muestra 27 pacientes que acudieron a nuestro centro entre los años 2006 y 2012, que fueron diagnosticados de fracturas vertebrales sintomáticas de etiología traumática, osteoporótica ó metastásica, a nivel dorsal y/o lumbar, y que fueron sometidos a tratamiento con cirugía mediante cifoplastia con balón.

1) Evaluación del resultado en los pacientes del tratamiento de fracturas vertebrales mediante cifoplastia con balón en nuestro medio, control pre y postoperatorio de:

- Dolor: Escala analógica del dolor: EVA
- Dependencia: Cuestionario de Barthel
- Grado de satisfacción: Entrevista y cuestionario función / satisfacción

2) Evaluación de la técnica quirúrgica

- Control radiológico.
- Complicaciones quirúrgicas y perioperatorias.
- Necesidad de gestos quirúrgicos asociados / reintervenciones.

3) Comparación de nuestro resultado con los aceptados por la comunidad científica en el momento actual.

Material y métodos

Tomando como población todos los pacientes derivados a la Unidad de Raquis del Servicio de Cirugía Ortopédica y Traumatología del Hospital de Jaén, se seleccionaron aquellos casos de pacientes

diagnosticados de fractura vertebral subsidiarios de tratamiento quirúrgico, de entre los que se tomó como muestra aquellos que se consideraron candidatos a cifoplastia con balón de acuerdo con los criterios de inclusión planificados, y se dividió la muestra en grupos según edad, sexo, existencia de patología concomitante, niveles intervenidos y técnicas quirúrgicas asociadas que se precisaron.

Se obtuvo así una muestra formada por 27 pacientes, de los cuales 11 presentaron una fractura vertebral de origen traumático (5 menores de 60 años y 6 mayores de 60 años), 13 osteoporótico (2 menores de 60 años, con diagnóstico previo de osteoporosis primaria, 4 hombres y 7 mujeres) y 3 metastásico, dos de ellas metástasis de carcinoma ductal infiltrante de mama y una metástasis de carcinoma renal, con 3 casos menores de 60 años. Entre sexos, la incidencia fue similar, siendo 13 (48%) hombres, mientras que el 52% (14) fueron mujeres. En cuanto a la edad, se dividió la muestra en dos grupos según fueran mayores de 60 años, ó con 60 años y menores, con una media de edad de 66 años, un rango de 42 a 88 años, y una mediana de 69. De acuerdo con la etiología mayoritaria (osteoporótica), 9 casos fueron menores de 60 años, mientras que 21 fueron mayores. En 17 casos el diagnóstico fue de fractura única, precisando cirugía a un nivel, mientras que en 10 casos el aplastamiento fue múltiple y precisó cirugía a varios niveles. En cuanto a las técnicas empleadas, en 20 casos únicamente se realizó cifoplastia con balón, mientras que en 6 casos se realizó laminectomía de forma coadyuvante ó en una reintervención posterior. En un caso fue precisa la realización de una artrodesis convencional instrumentada años después de la intervención primaria.

En cuanto al estado general de los pacientes de la muestra, 16 pacientes tenían antecedentes reumatológicos, con diagnóstico mayoritario de osteoporosis y osteoartritis, 12 con antecedentes cardiovasculares, con diagnóstico mayoritariamente de HTA, 6 endocrinológico (DM) y SAD, 4 traumatológicos (estenosis de canal), 3 Oncológicos (2 ca. Mama y 1 ca. Vesical), 2 respiratorio (EPOC) y 1 infeccioso (VHC). Sólo dos pacientes no tenían patología conocida en el momento del diagnóstico.

En pacientes se intervino un solo nivel, mientras que en 10 varios niveles; 13 intervenciones se realizaron sobre la columna lumbar (5 de origen traumático, 5 en menores de 60 años, 6 osteoporóticas) y 14 sobre columna dorsal (5 de origen traumático, 4 menores de 60 años, 6 osteoporóticas).

Resultados:

EVA preo	EVA post
	1
8	5
8	5
9	4
7	4
8	3
8	3
8	5
9	4
9	5
9	5
9	4
8	3
6	0
8	1
8	2
8	2
9	6
8	3
8	4
7	3
8	3
7	3
8	3
7	4
8	3
9	5

Tabla 1. Escala EVA preoperatoria y al alta en la consulta

23 pacientes se resolvieron sin incidencias en el proceso, sin presentarse complicaciones intraoperatorias ni perioperatorias. El control radiológico posterior fue satisfactorio, y 3 de ellos precisaron TAC por la persistencia de sintomatología con irradiación a miembros inferiores, con diagnóstico posterior de hernia discal de bajo grado, que fue tratada de forma ortopédica con buen resultado hasta resolución del cuadro.

Se documentó como complicación 1 caso de sangrado uretral postquirúrgico en un paciente diagnosticado de fractura vertebral metastásica en el contexto de carcinoma vesical, por lo que se consideró el hallazgo esperable, y autorresolutivo.

Barthel PRE	Barthel POST
100	100
85	100
100	100
70	100
100	100
100	100
100	100
45	60
100	60
25	15
40	50
100	100
35	85
70	95
80	95
85	90
65	100
0	35
90	85
85	100
100	100
30	70
100	100
50	85
85	85
100	100
90	75

Tabla 2. Barthel al ingreso y al alta hospitalaria

En un caso, con diagnóstico previo de estenosis de canal lumbar, se agravó el cuadro clínico de lumbociatalgia en miembro inferior derecho tras sufrir aplastamiento de L4 de origen osteoporótico, que precisó reintervención posterior (laminectomía).

Hubo 1 caso de fuga de cemento al canal confirmado en control TAC postoperatorio que no tuvo significado patológico y el paciente permaneció asintomático.

Para la evaluación del resultado en términos de mejora del dolor, se pasó a cada uno de los pacientes de la muestra una EVA pre y postoperatoria, recojiéndose los resultados en la tabla 1.

Donde se concluyó un EVA preoperatorio medio de 7.8, y un EVA postoperatorio medio de 4.2, con una reducción neta de 3.6 puntos tras la cirugía y

recuperación completa hasta resolución del proceso y alta en las revisiones de consulta. La escala fue numérica en ambos casos con números simples, del mismo color y sobre un fondo blanco, siendo el 10 el máximo grado de dolor, y el 1 el mínimo.

De igual forma, se evaluó el resultado funcional de los pacientes al ingreso y al alta mediante el test de capacidad funcional de Barthel, obteniéndose un Barthel al ingreso de 70 puntos en promedio, y un Barthel postoperatorio al alta hospitalaria de 85, con una mejora funcional de 15 puntos. Se recogen los datos en la tabla 2.

Se valoraron los siguientes ítems en 10, 5 y 0 puntos según la capacidad para realizarse con autonomía, con ayuda, o imposibilidad: Comer, lavarse, vestirse, deposición, micción, camino para ir al baño, traslado cama-sillón, subir / bajar escaleras y deambulación. Se consideró una dependencia leve cuando se obtuvo una puntuación entre 60 y 100, moderada de 45 a 60, y severa menos de 45, obteniéndose 20 casos de dependencia leve, 3 moderada, y 4 severa al ingreso, y 24 de dependencia leve, 2 de dependencia moderada y 1 severa al alta hospitalaria.

Conclusiones y discusión

La cifoplastia percutánea con balón es una técnica mínimamente invasiva indicada en el tratamiento de fracturas vertebrales de etiología osteoporótica, metastásica y traumática, con ostensible mejoría de los resultados obtenidos mediante artrodesis instrumentada convencional en casos seleccionados, en cuanto a:

- Alivio inmediato del dolor (95%) y mejoría de la función y movilidad.
- Evita progresión de lesiones vertebrales.
- Efecto anticifosante. Corrección de deformidades.

- Restauración de altura y alineación sagital, reducción de problemas secundarios:
 - FCV
 - Capacidad pulmonar reducida.
 - Saciedad temprana.
 - Dolor de espalda crónico.
 - Mayor riesgo de otras fracturas vertebrales.
- Incorporación rápida a las actividades de la vida cotidiana.
- Grado de satisfacción bueno.
- Índice de complicaciones asumibles, destacando entre ellas la extravasación del cemento fuera del cuerpo vertebral, habitualmente sin trascendencia clínica¹⁰.

Se puede realizar mediante cementos acrílicos o biológicos (con la ventaja de ser biocompatibles, biodegradables y osteoconductivos).

Son necesarios estudios más amplios para terminar de aclarar el comportamiento de estas técnicas a largo plazo, así como el papel que juega cada uno de sus componentes en el mismo, tanto dentro como fuera del compartimento óseo, y resolver cuestiones como:

- ¿Tasa de complicaciones asumible?
- ¿Gravedad de las complicaciones? ¿Secuelas?
- ¿Restauración ostensible de altura y corrección de hipercifosis?
- Cemento PMMA vs. Sustitutos óseos.
- Balón vs. Stent .
- Combinación con otras técnicas.
- ¿Coste – beneficio asumible?

NIVEL DE EVIDENCIA IV

Bibliografía

1. Eriksson, R.A., Albrektsson, T., Magnusson, B.: Assessment of bone viability after heat trauma. A histological, histochemical and vital microscopic study in the rabbit. *Scand J Plast Reconstr Surg.* 1984; 18: 261-268.
2. Belkoff, S.M., Mathis, J.M., Fenton, D.C., et al.: An ex vivo biomechanical evaluation of an inflatable bone tamp used in the treatment of compression fracture. *Spine* 2001; 26: 151-156.
3. Laredo, I.D., Hamze, B.: Complications of percutaneous vertebroplasty and their prevention. *Skeletal Radiol.* 2004; 33: 493-505.
4. Martin, J.B., Jean, B., Sugui, K., et al.: Vertebroplasty: clinical experience and follow-up results. *Bone* 1999; 25 (2 Suppl): 11S-15S
5. Cotten, 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* 1996; 200: 525-530.
6. Cortet, B., Cotten, A., Boutry, N., et al.: Percutaneous vertebroplasty in the treatment of osteoporotic vertebral compression fractures: an open prospective study. *J Rheumatol.* 1999; 26: 2222-2228.
7. Deramond, H.: Percutaneous vertebroplasty with polymethylmethacrylate: technique, indication and results. *Radiol Clin North Am* 1988; 36: 533-546.
8. Harrington, K.D.: Major neurological complications following percutaneous vertebroplasty with polymethylmethacrylate: a case report. *J Bone Joint Surg Am.* 2001; 83-A(7): 1070-1073.
9. Charvet, A., Metellus, P., Bruder, N., et al.: Pulmonary embolism of cement during vertebroplasty. *Ann Fr Anesth Reanim.* 2004; 23: 827-830.
10. Padovani, B., Kasriel, O., Brunner, P., Peretti-Viton, P.: Pulmonary embolism caused by acrylic cement: a rare complication of percutaneous vertebroplasty. *Am J Neuroradiol.* 1999; 20: 375-357.
11. Phillips, F.M., Todd Wetzel, F., Lieberman, I., Campbell-Hupp, M.: An in vivo comparison of the potential for extravertebral cement leak after vertebroplasty and kyphoplasty. *Spine.* 2002; 27: 2173-2178
12. Garfin, S.R., Lin, G., Lieberman, I., et al.: Retrospective analysis of the outcomes of balloon kyphoplasty to treat vertebral body compression fracture (VCF) refractory to medical management. *Eur Spine J* 2001; 10 (suppl): S7.
13. J.V. Martínez-Quiñones; J. Aso-Escario y R. Arregui-Calvo. Refuerzo vertebral percutáneo: vertebroplastia y cifoplastia.
14. Thongtrangan, I., Le, H., Park, J., Kim, D.H.: Minimally invasive spinal surgery: a historical perspective. *Neurosurg Focus.* 2004; 16: E 13.
15. Phillips, F.M., Ho, E., Campbell-Hupp, M., McNally, T., Todd Wetzel, F., Gupta, P.: Early radiographic and clinical results of balloon kyphoplasty for the treatment of osteoporotic vertebral compression fractures. *Spine.* 2003;28:2260-2265.
16. Watts, N.B., Harris, S.T., Genant, H.K.: Treatment of painful osteoporotic vertebral fractures with percutaneous vertebroplasty or kyphoplasty. *Osteoporos Int.* 2001; 12: 429-437