

Ablación percutánea por radiofrecuencia en metástasis óseas dolorosas

GERARDO SOLA, IGNACIO FITA, PABLO SARMIENTO, GERMÁN GARABANO
Y HERNÁN DEL SEL

Hospital Británico de Buenos Aires

Recibido el 21-3-2014. Aceptado luego de la evaluación el 9-5-2015 • Dr. GERMÁN GARABANO • ggarabano@gmail.com

Resumen

Introducción: Existen diferentes modalidades para tratar las metástasis óseas y el dolor que generan, con diferentes resultados. La ablación percutánea por radiofrecuencia guiada por tomografía es una de ellas. El objetivo de este estudio retrospectivo fue evaluar los resultados iniciales con este procedimiento, especialmente el alivio del dolor, y mostrar detalles de la técnica quirúrgica.

Materiales y Métodos: Se trataron 18 pacientes (edad promedio 59.2 años) controlados durante 15 meses; 9 metástasis en fémur; 4, en raquis dorsal/lumbar; 3, en escápula y 2, en ilíaco; su origen fue cáncer de mama (7 casos), pulmonar (4 casos), renal (4 casos) y tiroideo (3 casos). Las metástasis en raquis estaban a más de 10 mm del conducto medular y las de huesos largos presentaron bajo riesgo de fractura. El dolor fue evaluado mediante la escala analógica visual antes del procedimiento, a los 2, 7 y 30 días, y a los 3 y 6 meses. Todos fueron sometidos a ablación percutánea por radiofrecuencia por tomografía con el equipo Valleylab utilizando aguja Rita® (lesiones >3 cm) o Cool-tip™ (lesiones <3 cm).

Resultados: El puntaje del dolor preoperatorio fue de 8,33 en promedio, de 5 a la semana de la ablación, 2 al mes y 1 a los 3 y 6 meses. La tolerancia al procedimiento fue excelente y no hubo complicaciones. Dos pacientes tuvieron recidivas y se realizó una endoprótesis no convencional de fémur proximal y de rodilla, respectivamente, con evolución favorable.

Conclusión: La ablación percutánea por radiofrecuencia guiada por tomografía impresiona una herramienta prometedora, se logra un excelente control del dolor con muy buena tolerancia por parte del paciente.

Palabras clave: Metástasis; Dolor; Ablación; Radiofrecuencia; Tomografía computarizada.

Nivel de evidencia: IV

PERCUTANEOUS RADIOFREQUENCY ABLATION IN PAINFUL BONE METASTASES

Abstract

Introduction: There are different treatments for painful bone metastases, with different results. CT-guided percutaneous radiofrequency ablation is one of them. The purpose of this retrospective study was to assess the initial results using this method, focusing on pain relief, and to show details of the surgical technique.

Methods: Eighteen patients (average age 59.2 years) were treated, with a follow-up of 15 months. Nine metastases were located in femur, 4 in dorsal/lumbar spine, 3 in the scapula and 2 in the iliac. The origins of the metastases were breast cancer (7 cases), lung (4 cases), kidney (4 cases) and thyroid (3 cases). The rachis metastases were found at more than 10 mm of the medullary cavity and long bones metastases showed low risk of fracture. Lesions >3 cm were treated with CT-guided percutaneous radiofrequency ablation using Valleylab equipment with RITA® needle and those with <3 cm with Cool-tip™ needle. Pain was assessed using the visual analogue scale preoperatively, at 2, 7 and 30 days, and then at 3 and 6 months.

Conflicto de intereses: Los autores declaran no tener conflictos de intereses.

Results: Preoperative pain score was 8.33 on average. At day 7 after ablation it was on average 5 and at 30 days it was 2 points. At 3 and 6 months, the average score was 1. Tolerance to this method was excellent and there were no complications. Two patients suffered recurrences, which were treated with unconventional proximal femur and knee endoprostheses, respectively, with favorable outcome.

Conclusions: CT-guided percutaneous radiofrequency ablation seems a promising tool in the treatment of painful bone metastases; pain control is excellent and tolerance to the procedure is good.

Key words: Metastasis; Painful bone metastasis; Ablation; Radiofrequency; Computed tomography.

Level of evidence: IV

Introducción

Se estima que aproximadamente entre el 30% y el 85% de los pacientes con cáncer, según la lesión de origen, desarrollarán metástasis óseas durante su enfermedad.^{1,2} El dolor generado por estas lesiones representa una complicación frecuente que afecta significativamente la morbilidad y la calidad de vida.^{1,3,4} Su tratamiento debe, en la medida de lo posible, ser un método rápido, seguro, eficaz y tolerable, ya que, en la mayoría de los casos, se trata de pacientes con una expectativa de vida acotada.⁵

En la actualidad, disponemos de diferentes herramientas para tratar esta patología, con diferentes niveles de eficacia y complicaciones, entre ellos, la radioterapia, la quimioterapia, distintas terapias hormonales, la crioablación, la ablación por alcohol, la cirugía y distintos tipos de analgésicos (antiinflamatorios no esteroides, opioides, etc.), las cuales pueden combinarse entre sí, según el caso, las características del paciente y la lesión.⁵⁻⁹

La ablación percutánea por radiofrecuencia (APRF) es un método de tratamiento relativamente nuevo para las metástasis óseas dolorosas.⁴ Mediante el empleo de corriente alterna de alta frecuencia se genera el calentamiento y la posterior necrosis de las células tumorales.^{1,4,7,8} Como consecuencia de diferentes estudios y de sus buenos resultados, la APRF se ha convertido en el método de elección para tratar las metástasis hepáticas, el carcinoma hepatocelular, el osteoma osteoide y, desde hace unos años, en una alternativa para las metástasis óseas dolorosas.⁷⁻¹¹

En un estudio multicéntrico, Goetz y cols.¹² obtuvieron un importante alivio del dolor, estadísticamente significativo, en 43 pacientes con metástasis óseas dolorosas mediante esta técnica.

El objetivo de este trabajo retrospectivo fue evaluar los resultados iniciales de una serie de pacientes con metástasis esqueléticas dolorosas tratados con APRF guiada por tomografía, fundamentalmente en lo que se refiere al alivio del dolor, y mostrar, además, los detalles de la técnica quirúrgica utilizada.

Materiales y Métodos

Entre junio de 2008 y diciembre 2012, 21 pacientes con diagnóstico de metástasis óseas fueron tratados con APRF

en nuestro Centro. El fundamento para indicar esta técnica, además del tratamiento de la lesión en sí, fue tratar de mejorar la calidad de vida de esta serie, sobre todo a través del alivio del dolor en aquellos casos en los que los tratamientos administrados no lo habían logrado.

Los criterios de inclusión fueron:

1. Lesiones óseas metastásicas
2. Lesiones en las que el tratamiento previo no obtuvo buenos resultados
3. Pacientes que refirieron dolor >6 según la escala analógica visual (EAV)
4. Seguimiento mínimo de 12 meses

Tres pacientes fueron excluidos por no cumplir con el seguimiento mínimo, por lo que la serie quedó conformada por 18 lesiones tratadas en 18 pacientes, de los cuales 12 eran mujeres y 6, hombres, con una edad promedio de 59.2 años (rango de 43 a 75 años). El seguimiento promedio fue de 15.5 meses (rango de 12 a 28 meses).

El sitio de localización de las metástasis fue el fémur (9 casos [5 proximales, 1 diafisaria, 3 distales]), el raquis (4 casos [2 a la columna dorsal (D8 y D6) y 2 lumbares (L2 y L4)], la escápula (3 casos) y el ilíaco (2 casos). Todas las lesiones tuvieron un origen conocido (Figura 1).

En cuanto a los tratamientos fallidos previos, el más frecuente fue la radioterapia, seguido de analgésicos de diferentes tipos. En la Tabla 1, se describen las características de los pacientes.

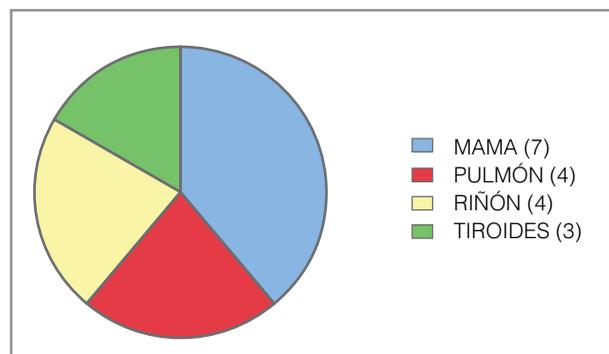


Figura 1. Cánceres primarios que originaron las metástasis.

Tabla 1. Descripción de los pacientes

Caso	Edad	Sexo	Origen – Ubicación de la lesión	Tratamiento previo	Tiempo de la intervención (min)	Tiempo de internación (h)	Seguimiento (meses)
1	62	M	Pulmón - D8	Radioterapia	170	23	13
2	61	F	Pulmón - L4	Radioterapia	120	16	16
3	51	F	Tiroides - escápula	Opioides	80	12	13
4	54	M	Tiroides – ilíaco	Opioides	90	16	12
5	53	F	Mama - fémur proximal	Radioterapia	70	22	18
6	53	F	Mama - fémur distal	Radioterapia	150	22	24
7	55	F	Mama - escápula	AINE	80	10	16
8	43	F	Renal - fémur proximal	Radioterapia	60	12	14
9	75	M	Renal - fémur proximal	AINE	120	22	12
10	69	M	Renal - fémur distal	AINE	120	20	12
11	60	F	Renal - fémur distal	Radioterapia	60	20	20
12	57	F	Mama - fémur proximal	Radioterapia	90	12	18
13	57	F	Mama - escápula	AINE	90	22	15
14	52	F	Mama - fémur proximal	Radioterapia	80	18	19
15	68	F	Pulmón - D6	Radioterapia	140	23	23
16	61	M	Pulmón - L2	Radioterapia	130	20	14
17	65	M	Renal - fémur distal	AINE	120	20	12
18	70	F	Tiroides - isquión	Opioides	100	21	18

AINE = antiinflamatorios no esteroides.

En todos los casos, el tratamiento fue consensuado con los equipos de Oncología, Radioterapia e Imágenes de nuestro Centro.

Antes del procedimiento, todos los pacientes de la serie estaban estudiados y estadificados. Aquellos con lesiones en huesos largos fueron estadificados de acuerdo con la escala de Mirels¹³ para el riesgo de fractura y se incluyeron aquellos con riesgo bajo o puntaje <9. A todos se les tomaron las radiografías necesarias y el conveniente estudio tomográfico, a fin de determinar, en forma precisa, la localización y el tamaño de la lesión por tratar y así planificar adecuadamente la intervención.

Los enfermos fueron intervenidos por el mismo equipo quirúrgico, bajo sedación anestésica consciente con monitoreo cardíaco y respiratorio, guiado por tomografía. Se

utilizó el equipo de radiofrecuencia RITA®, Starburst® o Cool-tip™ RF (Valleylab), según si la lesión era >3 cm o <3 cm, respectivamente.

Se analizó la evolución del dolor en el preoperatorio y el posoperatorio (a los 2, 7 y 30 días, a los 3 y 6 meses) mediante la EAV que fue completada por el paciente en cada entrevista en sus respectivos controles. Asimismo, se evaluaron el tiempo requerido para la intervención, el tiempo de hospitalización y las complicaciones relacionadas con el procedimiento.

Los controles posintervención se realizaron a los 2, 7 y 30 días, a los 3 y 6 meses, y luego, en forma semestral, de acuerdo con el resto del equipo de trabajo; en cada uno, se efectuaron los correspondientes análisis clínicos y radiológicos.

Detalles de la técnica quirúrgica

El paciente es sedado por el anestésista, en la mesa de tomografía. Todos tuvieron el conveniente monitoreo cardíaco y oxígeno durante el procedimiento. Se posiciona al paciente según el sitio de localización, a fin de facilitar el acceso. Se realiza la asepsia y se colocan los campos estériles según técnica. Una vez que se decide el sitio de incisión, se efectúan una infiltración en la piel y una pequeña incisión con bisturí. Se introduce la aguja seleccionada en etapas bajo guía tomográfica (Figura 2).

Cuando se determina la posición correcta de la aguja, se comienza con la ablación. La temperatura y la cantidad de ciclos necesarios se seleccionan de acuerdo con las características de la lesión. Para las lesiones <3 cm se utilizó una aguja Cool-tip™ de punta activa y, para aquellas >3 cm, la aguja RITA® que actúa hasta 5 cm. El mayor radio de acción de esta última aguja se debe a que posee un mecanismo de apertura en su extremo distal, que permite abrirla en diferentes ramas (como un paraguas) una vez ubicada en la lesión. La temperatura utilizada fue de 70-80° con una duración del ciclo de 8 minutos, según las indicaciones del fabricante.

A continuación, si se planificó, se procede con la correspondiente cementoplastia bajo control dinámico con el intensificador de imágenes.

Se aguarda la recuperación anestésica, el paciente es retirado del tomógrafo y se lo lleva a una sala de recuperación ambulatoria.

Resultados

Con respecto a la duración de los procedimientos, el promedio fue de 103,88 minutos, con un rango de 60 a 170, una mediana de 95 y una moda de 120.

La estancia hospitalaria requerida posintervención fue inferior a un día, con un promedio de 18.38 h, y la mediana y la moda fueron de 20 y 22 h, respectivamente.

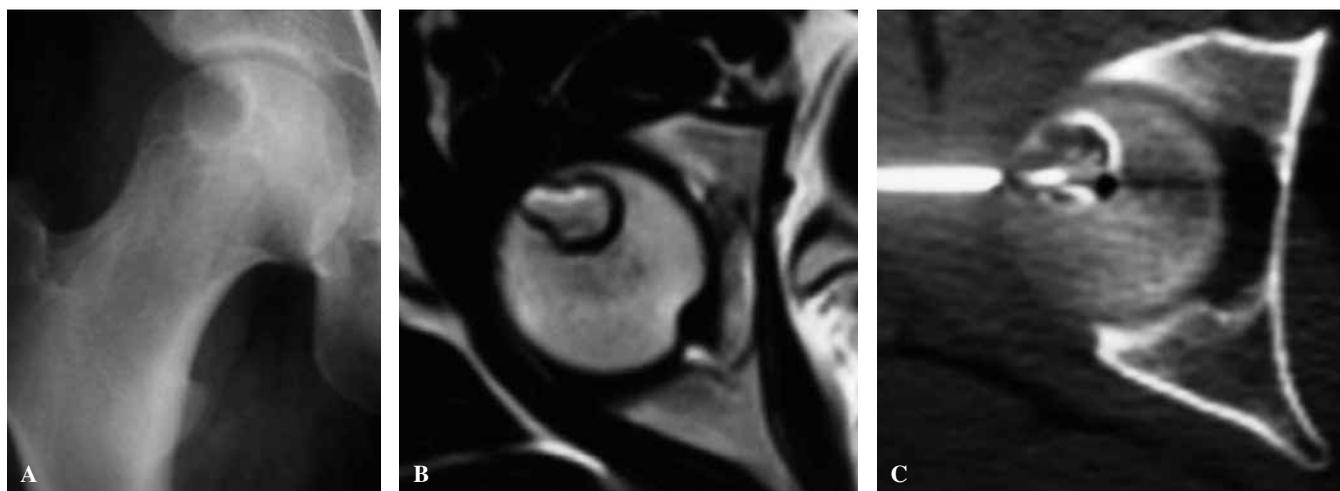
El puntaje preoperatorio en la EAV fue de 8,72; a la semana del procedimiento fue, en promedio, de 5, con una moda de 4; al mes, el promedio, de 2, y de 1 a los 3 y 6 meses. En la Tabla 2, se muestra la evolución del dolor en relación con el tiempo.

Al analizar por separado los sitios de metástasis, se observó que los cuatro pacientes con metástasis en el raquis dorsal y lumbar fueron los que sufrieron más dolor en el preoperatorio (promedio de 9,75), el puntaje mejoró en promedio a 3, en el último control, pero, al mismo tiempo, representaron los peores resultados de la serie. Asimismo, uno de estos cuatro pacientes fue el único caso en el que el puntaje empeoró en último control (3 a los 3 meses y 4 a los 6 meses). No se observó ningún indicio de recidiva ni complicación relacionada con el procedimiento.

Al mismo tiempo, 14 de los 18 pacientes obtuvieron un puntaje de 0 o 1 con la EAV, en el último control.

No hubo complicaciones relacionadas con las heridas en ningún caso, como así tampoco con la cementoplastia.

Si bien no es el objetivo principal de este estudio, debemos mencionar que 16 de los 18 casos evolucionaron favorablemente y, en los dos pacientes restantes, la lesión recidivó a los 16 y 20 meses. El primer caso correspondió a una mujer con cáncer de mama con metástasis en el fémur proximal, por lo que se decidió, en forma conjunta, la conversión a una endoprótesis no convencional de cadera. El otro caso ocurrió en una metástasis de cáncer renal en la articulación de la rodilla, se decidió colocar una endoprótesis no convencional de rodilla después de una embolización selectiva para controlar el sangrado intraoperatorio (Figura 3).



▲ **Figura 2.** A. Imagen radiográfica de la lesión en el borde supero-externo de la cabeza femoral. B. Resonancia magnética en la que se observa la afección ósea exclusiva. C. Imagen de la ablación percutánea por radiofrecuencia, donde se observa, en el corte tomográfico, la correcta colocación de la aguja de radiofrecuencia.

Tabla 2. Evaluación del dolor, según la escala analógica visual

Caso	Preoperatorio	1 semana	1 mes	3 meses	6 meses
1	10	8	4	3	4
2	10	6	3	3	3
3	8	4	1	1	1
4	9	3	1	0	0
5	8	4	2	1	1
6	8	7	4	1	1
7	10	5	3	1	1
8	8	4	1	1	1
9	9	4	1	0	0
10	9	4	1	0	0
11	8	5	2	1	1
12	8	4	2	2	1
13	7	4	3	1	1
14	8	4	2	1	1
15	9	7	3	3	3
16	10	7	3	3	2
17	10	4	1	0	0
18	8	6	1	0	0
Promedio	8,72	4,94	2,1	1,22	1,16



▲ **Figura 3.** A. Metástasis de origen renal en el fémur distal. B. Imagen luego de la ablación y el relleno con cemento como coadyuvante. C. Recidiva de la lesión. D. Endoprótesis no convencional de rodilla.

Discusión

En los pacientes que sufren esta enfermedad, el dolor no siempre se puede controlar adecuadamente. Se dispone de diferentes métodos, y los analgésicos (antiinflamatorios no esteroideos y opioides) representan la primera línea de tratamiento.¹⁴

La radioterapia permite obtener buenos resultados en el 70% de los casos, con un efecto limitado a las 4-20 semanas, según la serie y el tipo de lesión, y no está exenta de complicaciones en los tejidos circundantes.^{14,15}

La quimioterapia y la radioterapia farmacológica comprenden herramientas de tratamiento sistémicos para estas lesiones. En cuanto a la primera, no todas las lesiones son sensibles, no siempre es bien tolerada por el paciente y no está exenta de complicaciones. Respecto a la segunda, se ha visto que es muy eficaz en el tratamiento de múltiples focos de metástasis y tampoco carece de complicaciones.¹⁶

El término *ablación* hace referencia a la destrucción local del tumor a partir de cualquier agente químico (etanol o ácido acético) o de cualquier tipo de fuente de energía (radiofrecuencia, frío, láser, ultrasonido).^{9,14-18} Algunos de los mecanismos propuestos por los cuales la ablación por radiofrecuencia disminuye el dolor son: la inhibición de la conducción por destrucción de fibras sensitivas que llegan al segmento óseo afectado, la destrucción de células tumorales, la disminución del volumen de la lesión y la inhibición de la formación de citoquinas (factor de necrosis tumoral alfa, interleuquinas) y, por último, la inhibición de la actividad osteoclástica.^{9,14,17-19}

La APRF guiada por tomografía se utiliza como tratamiento en diferentes tipos de lesiones tumorales, con buenos resultados. Dupuy y cols.⁹ comunicaron excelentes resultados en el manejo del dolor de pacientes con metástasis dolorosas en huesos tanto largos como planos, en diferentes estirpes y orígenes de la lesión. En su serie, analizaron a 55 pacientes con una escala de 0 a 100, donde cero representa ausencia de dolor y 100, el peor dolor posible. Los autores comunican una reducción estadísticamente significativa del dolor a los 30 y 60 días del tratamiento, con un dolor promedio de 54.5 al comienzo y, luego, de 26.3 y 16.4 en promedio. En dicho informe, también se menciona que el 5% de los pacientes sufrió efectos adversos relacionados con el tratamiento y concluyen en que la tolerancia al tratamiento es aceptable. Por último, analizaron los resultados de aquellos pacientes que habían recibido radioterapia antes del procedimiento y aquellos que no, y no hallaron diferencias significativas en el alivio del dolor.⁹

En una serie de 30 pacientes con lesiones en huesos largos y planos, con siete orígenes diferentes de la lesión, Thanos y cols.⁵ emplearon una escala de 0 (sin dolor) a 10 (el peor dolor) y comunicaron un promedio 6,8 antes del procedimiento, con una mejoría a 3,2, a la semana; 2 al mes y 1,4 a los 2 meses.

Goetz y cols.,¹² en un estudio multicéntrico, evaluaron 43 pacientes, el 74% ya había recibido radioterapia. El origen de las lesiones al igual que en esta serie fue heterogéneo (12 sitios). Reportaron una mejoría estadísticamente significativa desde las 24 h del procedimiento, que progresó hasta la semana 24, y destacaron que la necesidad de opioides disminuyó tras el procedimiento.

En nuestra serie, la mejoría de los síntomas se comenzó a observar a partir de la semana del procedimiento, cuando el promedio disminuyó de 8,77 puntos previos a 5, pero el mayor descenso en el puntaje del dolor se observó a partir de los 30 días, con un promedio de 2,11 para continuar disminuyendo, aunque en menor medida, hasta los 6 meses a 1,16 en promedio. Destacamos que la mediana y la moda al mes del procedimiento fueron de 2 y 1, respectivamente, lo cual muestra, con mayor claridad, el beneficio del procedimiento.¹²

Estos resultados impresionan similares a los publicados por Dupuy y cols.⁹ respecto de la importante disminución del dolor a los 30 días del procedimiento y a los comunicados por Thanos y cols.⁵ con puntajes al mes prácticamente iguales a los hallados en esta serie, mientras que la diferencia en promedio a la semana puede deberse a que el promedio de dolor antes de la radiofrecuencia en nuestra serie fue 2 puntos más alto que el informado por estos autores.

En lo que respecta a las complicaciones relacionadas con el procedimiento, como infección, hemorragias, alteraciones neurológicas, el llamado síndrome posablación, mialgias etc.,⁵ en nuestra serie, no observamos ninguna al igual que Thanos y cols.,⁵ mientras que el grupo de Goetz y cols.¹² comunicó sólo complicaciones menores y Dupuy y cols.⁹ reportaron sólo un 5%. Coincidimos con estos autores y con el grupo de Callstrom y cols.²⁰ en que esta modalidad de tratamiento impresiona ser un método alternativo seguro con un muy bajo riesgo de complicaciones.

Respecto al corto seguimiento de la serie, creemos que 12 meses son suficientes para evaluar la respuesta al dolor, apoyados por reportes internacionales similares con un seguimiento aún más acotado (8 semanas).^{5,9}

Por último, en cuanto a las lesiones tratadas en el raquis, queremos destacar que estas deben situarse, al menos, a 10 mm del canal medular. Esta distancia se toma como margen de seguridad, pues las lesiones que estén a menor distancia del conducto, que afecten el muro posterior del cuerpo vertebral o aquellas con destrucción cortical representan contraindicaciones para esta técnica.^{21,22} Por ende, la presencia de hueso esponjoso o la cortical posterior intacta entre el electrodo y la médula representan, según la bibliografía, elementos que otorgan seguridad al procedimiento.¹⁹⁻²³

Las limitaciones de este informe se basan en las propias de un estudio de tipo retrospectivo, con un número limitado de pacientes y lesiones de diferentes orígenes y ubicaciones. Por otro lado, entre las fortalezas, podemos mencionar el haber sido tratados todos por el mismo

equipo, en un mismo sitio, con idéntica técnica, una adecuada evaluación preoperatoria y posoperatoria mediante un método universalmente aceptado y homologado, como la EAV, la cual representa una herramienta sencilla y útil para poder analizar lo más objetivamente posible algo subjetivo como el dolor. Asimismo, señalamos la escasez de comunicaciones similares en la bibliografía nacional.

Conclusiones

Debido a los buenos resultados para aliviar el dolor y la bibliografía internacional que respalda este método, la APRF guiada por tomografía impresiona una herramienta prometedora para el difícil manejo de esta patología, se asocia a un bajo índice de complicaciones con un importante grado de tolerancia por parte de los pacientes.

Bibliografía

1. Nielsen OS, Munro AJ, Tannock IF. Bone metastases. *J Clin Oncol* 1991;9:509-24.
2. Dupuy DE, Goldberg SN. Image-guide radiofrequency tumour ablation: challenges and opportunities. *J Vasc Interv Radiol* 2001;12:1135-48.
3. Mercadante S. Malignant bone pain: Pathophysiology and treatment. *Pain* 1997;69:1-18.
4. Di Francesco A, Flamini S, Zugaro L, Zoccali C. Preoperative radiofrequency ablation in painful osteolytic long bone metastases. *Acta Orthop Belg* 2012;78:523-30.
5. Thanos L, Mylona S, Galani P, Tzavoulis D, Pomoni M. Radiofrequency ablation of osseous metastases for the palliation of pain. *Skeletal Radiol* 2008;37:189-94.
6. Moser T, Goyault G, Gangi A. Image-guided ablation of bone tumors: review of current techniques. *J Radiol* 2008;89:461-70.
7. Link TM, de Mayo R, O'Donnell RJ. Radiofrequency ablation—an alternative for definitive treatment of solitary bone metastases. *Eur Radiol* 2007;17:3012-3.
8. Pagelopoulos PJ, Mavrogenis AF, Galanis EC, Kelekis NL, Wenger DE, Sim FH, et al. Minimally invasive techniques in orthopedic oncology: radiofrequency and laser thermal ablation. *Orthopedics* 2005;28(6):563-8.
9. Dupuy DE, Liu D, Hartfeil D, Hanna L, Blume JD, Ahrar K, et al. Percutaneous radiofrequency ablation of painful osseous metastases: a multicenter American College Of Radiology Imaging Network trial. *Cancer* 2010;116:989-97.
10. Gazelle GS, Goldberg SN, Solbiati L. Tumor ablation with radio-frequency energy. *Radiology* 2000;217:433-66.
11. Rosenthal DJ, Hornicek FJ, Torriani M. Osteoid osteoma: percutaneous treatment with radio-frequency energy. *Radiology* 2003;229:171-5.
12. Goetz MP, Callstrom MR, Charboneau JW, Farrel MA, Maus TP, Welch TJ, et al. Percutaneous image-guided radiofrequency ablation of painful metastases involving bone: a multicenter study. *Clin Oncol* 2004;22:300-6.
13. Mirels H. Metastatic disease in long bones. A proposed scoring system for diagnosing impending pathologic fractures. *Clin Orthop Relat Res* 1989;249:256-64.
14. Frassica DA. General principles of external beam radiation therapy for skeletal metastases. *Clin Orthop Relat Res* 2003;415:158-64.
15. Marchal F, Brunaud L, Bazin Ch, Boccacini H, Henrot P, Trofleur P, et al. Radiofrequency ablation in palliative supportive care: early clinical experience. *Oncology Reports* 2006;15:495-9.
16. Bauman G, Charette M, Reid R, Sathya J. Radiopharmaceuticals for the palliation of painful bone metastasis—a systemic review. *Radiother Oncol* 2005;75(3):258-70.
17. Mannion RJ, Woolf CJ. Pain mechanism and management: a central perspective. *Clin J Pain* 2000;16:144-56.
18. Honore P, Luger NM, Sabino MAC. Osteoprotegerin blocks bone cancer-induced skeletal destruction, skeletal pain and pain-related neurochemical reorganization of spinal cord. *Nat Med* 2000;6:521-8.
19. Callstrom MR, Charboneau JW, Goetz MP, Rubin J, Wong GY, Sloan JA, et al. Painful metastases involving bone: feasibility of percutaneous CT and US guided radiofrequency ablation. *Radiology* 2002;224:87-97.
20. Callstrom MR, Charboneau JW, Goetz MP, Rubin J, Atwell TD, Farrell, et al. Image-guided ablation of painful metastatic bone tumors: a new and effective approach to a difficult problem. *Skeletal Radiol* 2006;35(1):1-15.
21. Sherif GN, Aschoff AJ, Mitchell IC, Emancipator SN, Duerk JL, Lewin JS. MR imaging-guided radiofrequency thermal ablation of the lumbar vertebrae in porcine models. *Radiology* 2002;224:452-62.
22. Dupuy DE, Hong R, Oliver BS, Goldberg SN. Radiofrequency ablation of spinal tumors: temperature distribution in the spinal canal. *Am J Roentgenol* 2000;175:1263-6.
23. Buy X, Basile A, Bierry G, Cupelli J, Gangi A. Saline-infused bipolar radiofrequency ablation of high-risk spinal and paraspinal neoplasms. *Am J Roentgenol* 2006;186:322-6.