

Insuficiencia sacra, entidad nosológica insospechada como causa de dolor lumbar bajo. Descripción de dos casos

Jesús Carlos Bustamante-Vidales, Enrique Kleriga-Grossgere,* Gerardo Francisco Zambito-Brondo,* Jesús Higuera-Calleja***

Resumen

Introducción: las fracturas por insuficiencia sacra son una causa de dolor debilitante en los ancianos. La primera descripción de estas fracturas se hizo en 1982. Quienes sufren estas fracturas son pacientes con huesos estructuralmente debilitados, en muchas ocasiones con patología asociada, como: osteoporosis, procesos inmunológicos y oncológicos; todo esto se traduce en dolor lumbar y pélvico no relacionados con el traumatismo. En la mayoría de los casos estas fracturas suelen ser por fatiga. La gammagrafía ósea y la resonancia magnética son los estudios más sensibles para detectar la insuficiencia sacra.

Casos clínicos: se comunica el caso de dos pacientes con fracturas por insuficiencia sacra que se estudiaron con resonancia magnética y gammagrafía ósea; luego de establecido el diagnóstico se trataron con sacroplastia.

Conclusiones: la insuficiencia sacra es un padecimiento subdiagnosticado causado por una amplia gama de enfermedades, principalmente osteoporosis. Los estudios de elección para su diagnóstico son la resonancia magnética y la gammagrafía ósea. La sacroplastia percutánea produce mejoría significativa en las escalas de dolor y es una alternativa adecuada en el tratamiento de esta enfermedad.

Palabras clave: insuficiencia sacra, sacroplastia.

Abstract

Background: sacral insufficiency fractures are a cause of debilitating pain in the elderly. First described these fractures as a clinical entity in 1982. The bone in these patients is structurally weakened and often associated with diseases such as osteoporosis, cancer and immunological processes. This translates into back and pelvic pain unrelated to trauma. These fractures are usually caused by fatigue in most cases. Bone scans and MRI are the imaging studies with the most sensitivity for detecting sacral insufficiency.

Clinical cases: two patients with sacral insufficiency fractures who were studied by MRI and bone scan, in whom the diagnosis of sacral insufficiency was made, were treated by sacroplasty.

Conclusions: the sacral insufficiency is a disease under diagnosed, caused by wide range of diseases, mainly osteoporosis. The studies of choice for diagnosis are MRI and bone scans. The techniques such as percutaneous sacroplasty produce significant improvements in pain scores and seem a suitable alternative to management of this disease.

Key words: sacral insufficiency, sacroplasty.

Introducción

Las fracturas por insuficiencia sacra son una causa de dolor debilitante en los ancianos. Se describieron por primera vez en 1982, a partir de entonces el conocimiento

de esta enfermedad entre los profesionales de la salud ha aumentado.^{1,2}

Este tipo de fracturas se engloba en la expresión insuficiencia sacra, que denota que la resistencia de los huesos es insuficiente para soportar las fuerzas mecánicas y fisiológicas a las que son sometidos;² sin embargo, estas fracturas suelen ser pasadas por alto y el grupo en riesgo son los pacientes de la tercera edad con síntomas clínicos que, con frecuencia, son vagos e inespecíficos.^{1,3} En estos pacientes el hueso está estructuralmente debilitado, en muchas ocasiones con otras enfermedades asociadas, como: osteoporosis, procesos inmunológicos y oncológicos que se traducen en dolor lumbar y pélvico no relacionado con el traumatismo. En la mayoría de los casos estas fracturas suelen ser por fatiga ósea.^{3,4}

Al no haber antecedentes de traumatismo evidente no se piensa en una fractura lo que dificulta su diagnóstico en una etapa temprana, a pesar del dolor intenso referido por

* Departamento de Cirugía Neurológica.

** Departamento de Neuroimagen.
Instituto Mexicano de Neurociencias.

Correspondencia:

Jesús Carlos Bustamante Vidales.
Av. Vialidad de de la Barranca S/N Col. Valle de las Palmas. Consultorio 750.
C.P 52763 Huixquilucan, Estado de México. México
Tel. y Fax: 52469580
Correo electrónico: mazocagui@hotmail.com

Recibido para publicación: 12-10-2012

Aceptado para publicación: 07-03-2012

los pacientes, que se asocia con dificultad para la deambulación. Las alteraciones degenerativas en la columna lumbar y la cadera, características de las personas de la tercera edad, dificultan su diagnóstico porque en las radiografías de rutina de estas áreas no se aprecian con facilidad los trazos de la fractura.^{3,4}

La gammagrafía ósea y la resonancia magnética son los estudios más sensibles para detectar la insuficiencia sacra.¹

La finalidad de informar esta afección es despertar la sospecha clínica para solicitar los estudios de gabinete necesarios para establecer el diagnóstico e iniciar su tratamiento óptimo. Además de destacar la utilidad de la sacroplastia en estos casos, y con ello, disminuir los periodos de reposo prolongado y las complicaciones asociadas.

Casos clínicos

Caso 1

Paciente femenina de 76 años de edad, con antecedentes de 3 meses de evolución con dolor inguinal derecho, de tipo “muscular” que irradia al glúteo y la cara anterior del muslo del mismo lado, sin parestias o parestesias; un mes previo a nuestra valoración fue intervenida quirúrgicamente con laminotomía lumbar en otra institución, con poca mejoría.

A la marcha y la bipedestación continúa con dolor; la exploración física en nuestro servicio se caracteriza por marcha claudicante en la pierna derecha, con signo de Fajerstajn a 60 grados bilateral, signo de Patrick positivo derecho y rotación interna de la cadera con dolor inguinal derecho y atrofia de cuádriceps derecho.

Estudios de gabinete: electromiografía y velocidades de conducción nerviosa que aportan como resultado radiculopatía L4 derecha y L5-S1 bilateral. Radiografías lumbares con osteopenia, disminución del espacio intersomático L5-S1 y anterolistesis con ligera modificación en las proyecciones dinámicas.

En la tomografía computada con los mismos hallazgos, además de recesos laterales estrechos L5-S1. Por resonancia magnética se documenta necrosis avascular de la cadera derecha y seis días después de nuestra valoración se colocó una prótesis en la misma, con lo que el dolor cedió.

Ocho días después de la cirugía, al dar un paso grande después de subir un escalón, nuevamente refiere dolor lumbosacro que irradia al muslo, pierna y pie izquierdo. Al explorar la rotación de la cadera izquierda, la paciente refiere intenso dolor en esta zona y en articulaciones sacroiliacas; se infiltra la zona, presentando discreta mejoría. Es por ello que se decide realizar resonancia magnética del sacro en la

que se observó edema en la esponjosa del sacro debida a hipointensidad en las secuencias en T1 e hiperintensidad en las secuencias T2 y con supresión grasa. (Figura 1).

La gammagrafía ósea mostró, de igual forma, hipercaptación del radioisótopo en las áreas de fractura. En la tomografía computada de la columna lumbosacra se observaron los trazos de fractura y los que eran muy sutiles se evidenciaron en las reconstrucciones en tercera dimensión.

Se realizó sacroplastia guiada por flurotomografía, con disminución evidente del dolor a las tres semanas de realizado el procedimiento.

Caso 2

Paciente femenina de 78 años de edad. El padecimiento actual se inició luego de una caída de sentón. Inmediatamente después tuvo dolor sacro importante, con irradiación a la

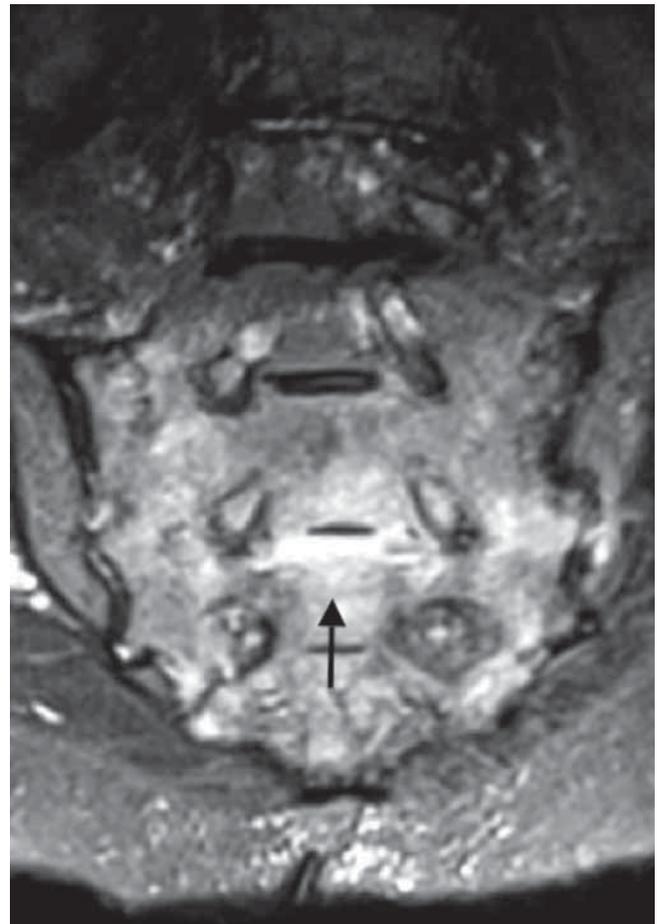


Figura 1. Resonancia magnética en corte coronal del sacro y con secuencia de supresión grasa en la que se observa edema difuso sobre la cara anterior del cuerpo del sacro. (Punta de la Flecha)

pierna izquierda y parestesias en la misma. Al examen físico se la encontró con dolor al palpar la región sacra baja, dolor sacro a la percusión, signo de Lasegué bilateral a 70 grados, signo de Patrick positivo izquierdo, dolor sacroiliaco bilateral al rotar la cadera, reflejos de estiramiento muscular +/-++++, patelar bilateral y aquileo ausente bilateral. No tolera la bipedestación.

En las radiografías simples del sacro se identifica trazo dudoso de fractura en la región anterior a S2-S3.

La resonancia magnética de la columna lumbosacra mostró pérdida de señal y altura de todos los discos lumbares. Espondilolistesis en L4-L5 grado I con cambios en las metetas y prolapso discal en L4-L5 del lado izquierdo, canal lumbar estrecho severo a este nivel. La unión de S2-S3 brillaba en la secuencia de supresión grasa, con edema difuso en el sacro. En la gamagrafía ósea se observó hipercaptación en forma de H (signo de Honda) en el sacro. (Figura 2)

La tomografía computada del sacro mostró una ventana ósea y reconstrucción en tercera dimension con el trazo de la fractura. (Figura 3)

Diez días después de la sacroplastia el dolor disminuyó considerablemente.

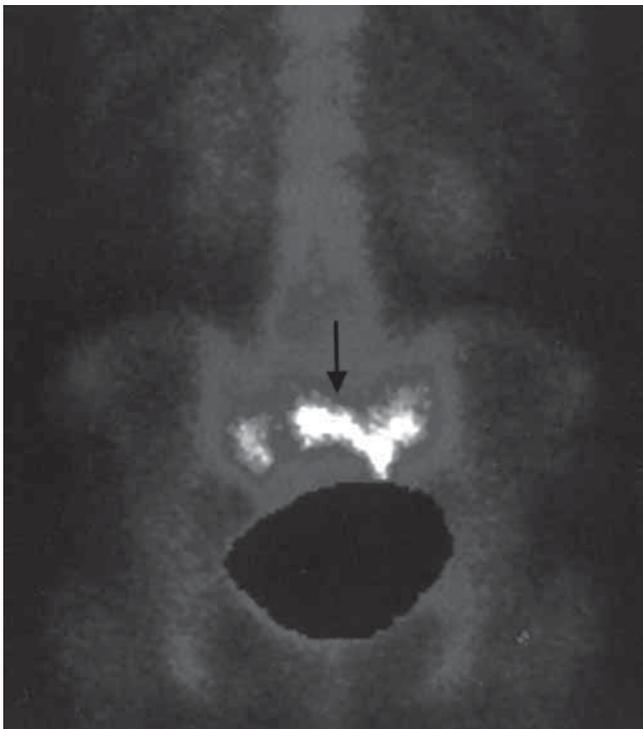


Figura 2. Gamagrafía ósea de pelvis, vista anteroposterior. Demuestra actividad anormal en el sacro causada por fractura de insuficiencia sacra, con el signo de Honda (H) presente. (Punta de la Flecha)



Figura 3. Tomografía con reconstrucción en tercera dimension que denota trazo de fractura transversal a través de segunda cresta sacra. (Punta de flecha)

Discusión

La insuficiencia sacra es una causa de dolor lumbar bajo que puede encontrarse en radiografías de columna y cadera negativas, su incidencia es sustancialmente menor que las fracturas por osteoporosis que envuelven a la columna torácica y lumbar; sin embargo, en algunas publicaciones la gamagrafía ósea ha llegado a detectar esta afección en 102 casos durante dos años.²

Cho Ch H et al., reportaron una incidencia de 1.8 a 4% de insuficiencia sacra en la población femenina mayor de 55 años.²

Las fracturas por estrés o fatiga suelen ocurrir en los corredores de largas distancias. Las fracturas patológicas pueden ocurrir en pacientes con hueso anormal o frágil, como en casos de osteoporosis, alteraciones del metabolismo del calcio y metástasis óseas. Las mujeres con síndrome climatérico y osteoporosis son las que con mayor frecuencia sufren fracturas por insuficiencia sacra (Posterior a la instrumentación lumbar y prótesis de cadera).²

Las fracturas por insuficiencia sacra se producen en regiones anatómicas constantes. En los pacientes con osteoporosis se ha propuesto que estos sitios, constantes, en el sacro tienen estrés como consecuencia de actividades físicas de rutina. Estos sitios son habitualmente en las alas del sacro porque es ahí donde se recibe el peso total de la columna. Algunos protocolos biomecánicos han simulado estas cargas sobre el sacro y han determinado que en pacientes con osteoporosis las actividades comunes, como la

marcha, favorecen la fractura en ambas alas del sacro que dan resultados similares desde el punto de vista morfológico a los vistos en pacientes con insuficiencia sacra.⁵

En pacientes con mucho dolor en la región sacra, glúteos y región lumbar baja el diagnóstico es de sospecha clínica. El dolor suele ser agudo y se exagera con la sedestación o la bipedestación; disminuye con el reposo o la posición supina.

La insuficiencia sacra puede presentarse en asociación con fracturas por osteoporosis de las ramas isquiática y púbica de la cadera; o coexistir con fracturas por aplastamiento de cuerpos vertebrales. Es excepcional que haya anomalías neurológicas, aunque en la parte lateral del sacro hay alteraciones sensitivas.

Las radiografías simples no suelen ser sensibles para establecer el diagnóstico; sólo en dos ocasiones hemos observado esclerosis del sacro o una línea en el trazo de fractura actual.²

La tomografía computada de sacro ofrece gran sensibilidad; sin embargo, en fracturas agudas suele ser confusa y difícil su visualización.

La gammagrafía ósea muestra incremento del marcador óseo en los sitios de inflamación; sin embargo, no tiene una buena resolución anatómica, como la ofrece la tomografía computada. Es común que en esos sitios, durante el estudio de actividad en el intestino y la vejiga, haya aumento del marcador óseo; por eso hay que tener cuidado y apoyarse en otros estudios de gabinete para el diagnóstico adecuado.

Las imágenes por resonancia magnética son sensitivas y específicas para demostrar las fracturas sacras. El edema de la esponjosa del sacro es ampliamente visible; hipointenso en la secuencia T1 e hiperintenso en las secuencias con supresión grasa y T2.

En un paciente con antecedentes de tumor, la insuficiencia sacra puede subestimarse y confundirse con enfermedad metastásica, por eso, para ayudarnos a establecer el diagnóstico, pueden realizarse imágenes con difusión.

El tratamiento no quirúrgico de estas fracturas es con reposo variable en cama, con las complicaciones asociadas que resultan de la inmovilidad, analgésicos y rehabilitación física.^{1,4,6}

La vertebroplastia fue muy cuestionada después del trabajo de Kallmes et al., e incluso en las guías de tratamiento de fracturas vertebrales por osteoporosis de la Academia Americana de Cirujanos Ortopédicos no le dan validez a la vertebroplastia en estos pacientes pero sí a la cifoplastia.^{7,8}

Existen estudios que han demostrado que este tipo de tratamiento tiene mejores resultados para el alivio del dolor⁹ y menores índices de mortalidad¹⁰ que el tratamiento no quirúrgico.

La sacroplastia es un procedimiento mínimamente invasivo, similar a la vertebroplastia en la columna tora-

columbar, que se define como una alternativa a la terapia conservadora.¹

Las técnicas y resultados a largo plazo de la vertebroplastia en fracturas por compresión de las regiones tóraco-lumbar han sido ampliamente documentadas. Este procedimiento se realiza, por completo, con el auxilio de fluoroscopia. La sacroplastia debe hacerse bajo la guía de una combinación de fluoroscopia y tomografía (fluorotomógrafo), ya que el sólo hecho de usar fluoroscopia puede originar complicaciones, como la fuga del metilmetacrilato a los agujeros sacros o a los tejidos blandos circunvecinos.¹¹

Algunos estudios en cadáver han tenido por objetivo determinar la disminución por extravasación de metilmetacrilato usando fluoroscopia o tomografía y han obtenido por resultado menor extravasación de metilmetacrilato usando la guía con tomografía computada; pero exponiendo al paciente y al personal médico a una mayor cantidad de radiación.¹²

De la misma forma se ha comparado la extravasación de metilmetacrilato entre sacroplastia convencional y la utilización de sacroplastia con balones, no habiendo encontrado diferencia alguna entre ambos procedimientos.¹²

Otras series de insuficiencia sacra secundaria a tumores establecen realizar sacroplastia con un abordaje a través de la articulación sacroiliaca solamente con guía fluoroscópica;⁹ es notable que en esta técnica, se dificulte visualizar la aguja de trabajo, por la curvatura anatómica del sacro y esto favorece el riesgo de extravasación del metilmetacrilato con el posible daño de las raíces nerviosas sacras. Los autores recomiendan la utilización de la combinación de fluoroscopia y tomografía (fluorotomografía), ya que la tomografía computada nos da una alta resolución espacial previniendo el daño de estructuras vasculares, nerviosas y vísceras de la región. Nos da una alta precisión a través de planos anatómicos en fracturas complejas, además la combinación con fluoroscopia nos da la visualización en tiempo real de la infiltración de metilmetacrilato y de esta manera controlar las fugas del mismo; hasta ahora la combinación de ambas técnicas de imagen son la mejor alternativa para la realización de la sacroplastia.¹³

Se puede utilizar neuronavegación para la realización de sacroplastia mediante el uso de balones, ofreciendo algunas ventajas sobre la fluoroscopia, pero no más que la fluorotomografía.¹⁴

Existen varias técnicas para realizar la sacroplastia los autores recomiendan la sacroplastia percutánea con inyección de metilmetacrilato en el eje largo del plano coronal del sacro; esta técnica permite una adecuada distribución del metilmetacrilato a través de las fracturas en las alas del sacro.¹⁵

Este abordaje es más fácil de realizar y los resultados en la distribución del metilmetacrilato en las fracturas del ala

del sacro han mejorado en cuanto a distribución y cobertura de las fracturas.¹⁵

Cuando la insuficiencia sacra se acompaña de las fracturas del ala del sacro, o de fracturas en los cuerpos vertebrales del sacro, es recomendable utilizar, además, un abordaje percutáneo interpedicular, introduciendo la aguja de hueso en el cuerpo vertebral de la primera vértebra sacra penetrando en el canal raquídeo a través de la tercera y la cuarta vér-

tebras sacras para no lesionar la duramadre y sólo pinchar el filum terminale, pasando a través de los cuerpos vertebrales del tercer cuerpo vertebral sacro y el segundo cuerpo vertebral sacro o paralelo al borde anterior del sacro.¹⁶

Con el abordaje interpedicular pueden inyectarse con metilmetacrilato en una sola sesión dos cuerpos vertebrales sacros. Esta técnica es segura, práctica y efectiva para el tratamiento de la insuficiencia sacra.¹⁶

Cuadro I. Revisión de literatura científica de sarcoplastia y la mejoría del dolor

Referencias Autor principal	Tipo de estudio	Pacientes totales	Seguimiento (meses)	Imágenes utilizadas	Técnica	Resultados	Complicaciones
Garant ¹⁸	Caso reporte	1	9	F	ECPCS	Alivio Inmediato del dolor	Ninguna.
Pommersheim ⁶	Retrospectivo	3	3.5	TC+F	ECPCS	Alivio inmediato y a largo plazo del dolor	Fuga del PMMC sin importancia clínica.
Butler ¹⁹	Retrospectivo	4	No seguimiento	TC+F	ECPCS	Mejoría ligera del dolor	Fuga del PMMC y falla del procedimiento.
Brook ²⁰	Caso reporte	2	12	TC	ECPCS	VAS 10 a 0	Ninguno
Deen ²¹	Retrospectivo	3	6	TC+F	ECPCS con uso de balones	VAS 9 a 5	Fuga de PMMC sin importancia clínica
Binaghi ²²	Reporte Técnico	6	Inmediato	TC	ELPCS	VAS 10 a 2	Ninguno
Layton ¹¹	Reporte Técnico	1	2.5	TC	ELPCS y ECPCS	Alivio significativo del dolor	Ninguno
Smith ¹⁵	Reporte Técnico	1	No reportado	F	ELPCS	No reportado	Fuga del PMMC, sin importancia clínica.
Heron ²³	Casos reporte	3	3	TC	ECPCS	VAS 8 a 1	Fuga de PMMC sin importancia clínica.
Sciubba ²⁴	Reporte técnico, Reporte de casos	1	6	TC	Tornillos iliosacros	VAS 7 a 2	Ninguno
Strub ²⁵	Serie de casos retrospectivo	13	15	TC+F	ELPCS	Alivio inmediato del dolor.	Ninguno.
Whitlow ²⁶	Serie de casos retrospectivo	12	21.5	No se describe	No se describe	Alivio significativo del dolor	Ninguno.
Frey ²⁷	Serie de casos Prospectivo.	52	12	TC+F	ECPCS	VAS 8.1 a 0.8	Dolor radicular en S1
Gjertsen ²⁸	Serie de casos retrospectivo	5	6	TC	ELPCS	Alivio inmediato del dolor	Un caso de dolor intratable.
Tjardes ²⁹	Reporte Técnico	1	inmediato	TC+F	Tornillos iliosacros	Alivio inmediato del dolor	Ninguno.
Bastian ³⁰	Serie de casos prospectivo	32	48	TC+F	ELPCS y Tornillos iliosacros	Alivio de dolor inmediato y a largo plazo	Fuga de PMMC. Un paciente con radiculopatía S1.

F= fluoroscopia, TC= tomografía computada, ECPCS= eje corto del plano coronal del sacro, ELPCS= eje largo del plano coronal del sacro, VAS= escala visual análoga del dolor, PMMC= polimetilmetacrilato.

Finalmente, ya existen algunos artículos de revisión en los que se incluyen los casos reportados de distintos artículos del 2002 al 2008, en los que puede observarse que con la sacroplastia se obtiene un nivel de menor dolor en la Escala Visual Análoga de 8.9 a 2.6; se trata de un tratamiento alternativo junto con los analgésicos y la rehabilitación física.¹⁷ (Cuadro I)¹⁸⁻³⁰

Conclusiones

La insuficiencia sacra es un padecimiento subdiagnóstico, causado por una amplia gama de enfermedades basales, principalmente la osteoporosis.

Además del cuadro clínico, los estudios de elección para su diagnóstico son la resonancia magnética y la gamagrafía ósea, porque son los más sensibles.

La sacroplastia produce disminución significativa en las escalas de dolor (Escala Visual Análoga) y es una alternativa adecuada al tratamiento no quirúrgico.

Los resultados con la sacroplastia son favorables con mejoría inmediata y a mediano plazo, además de mantener ventajas a largo plazo.

Referencias

1. Lyders EM, Whitlow CT, Baker MD, Morris PP. Imaging and Treatment of Sacral Insufficiency Fractures. *Am J Neuroradiol* 2010;31:201-210.
2. Cho Ch H, Mathis JM, Ortiz O. Sacral Fractures and Sacroplasty. *Neuroimag Clin N Am* 2010;20(2):179-186.
3. Kyung-Mi Ch, Joon-Ho S, Sung-Ki A, Hyun-Chul Ch. Therapeutic Considerations of Percutaneous Sacroplasty for de Sacral Insufficiency Fracture. *J Korean Neurosurg Soc* 2010;47(1):58-63.
4. Yong-Jeon L, Ho-Jin B, Jong TK, Dong-Sup C. Sacral Insufficiency Fracture, Usually Overlooked Cause of Lumbosacral Pain. *J Korean Neurosurg Soc* 2008;44(3):166-169.
5. Linstrom NJ, Heiserman JE, Kortman KE, Crawford NR, Baek S, Anderson RL, et al. Anatomical and Biomechanical Analyses of the Unique and Consistent Locations of Sacral Insufficiency Fractures. *Spine* 2009;15;34(4):309-315.
6. Pommersheim W, Huang-Hellinger F, Baker M, Morris P. Sacroplasty: A Treatment for Sacral Insufficiency Fractures. *Am J Neuroradiol* 2003;24(5):1003-1007.
7. Kallmes DF, Comstock BA, Heagerty PJ, Turner JA, Wilson DJ, Diamond TH, et al. A Randomized Controlled Trial of Vertebroplasty for Osteoporotic Spinal Fractures. *N Engl J Med* 2009;361(6):569-579.
8. Esses SI, McGuire R, Jenkins J, Finkelstein J, Woodard E, Watters WC 3rd, et al. The treatment of symptomatic osteoporotic spinal compression fractures. *J Am Acad Orthop Surg* 2011;19(3):176-182.
9. Klazen CAH, Lohle PNM, De Vries J, Jansen FH, Tielbeek AV, Blonk MC, et al. Vertebroplasty versus conservative treatment in acute osteoporotic vertebral compression fractures (Vertos II): an open-label randomised trial. *Lancet* 2010;25;376(9746):1085-1092.
10. Edidin AA, Ong KL, Lau E, Kurtz SM. Mortality risk for operated and nonoperated vertebral fracture patients in the medicare population. *Journal of Bone and mineral Research* 2011;26(7):1617-1626.
11. Layton KF, Thielen KR, Wald JT. Percutaneous Sacroplasty Using CT Fluoroscopy. *Am J Neuroradiol* 2006;27(2):356-358.
12. Grossterlinden L, Begemann PGC, Lehmann W, Nuechtern J, Schumacher U, Nagel HD, et al. Sacroplasty in a cadaveric trial: comparison of CT and fluoroscopic guidance with and without balloon assistance. *Eur Spine J* 2009;18(8):1226-1233.
13. Zhang J, Chun-gen W, Yi-feng G, Ming-hua L. Percutaneous Sacroplasty for Sacral Metastatic Tumors Under Fluoroscopic Guidance Only. *Korean J Radiol* 2008;9(6):572-576.
14. Gordon HD, Nottmeir EW. Ballon kyphoplasty for treatment of sacral insufficiency fractures: Report of three cases. *Neurosurg Focus* 2005;18(3):1-5.
15. Smith DK, Dix JE. Percutaneous Sacroplasty: Long-Axis Injection Technique. *AJR* 2006;186(5):1252-1255.
16. Kemal A, Burack G, Kaya E, Kuku I, Harma A. Interpedicular Approach in Percutaneous Sacroplasty for Treatment of Sacral Vertebral Body Pathologic Fractures. *Cardiovasc Intervent Radiol* 2011;34(Suppl 2):S282-S287.
17. Bayley E, Srinivas S, Boszczyk BM. Clinical outcomes of sacroplasty in sacral insufficiency fractures: a review of the literature. *Eur Spine J* 2009;18(9):1266-1271.
18. Garant M. Sacroplasty: A New Treatment for Sacral Insufficiency Fracture. *J Vasc Interv Radiol* 2002;13(12):1265-1267.
19. Butler CL, Given II CA, Michel SJ, Tibbs PA. Percutaneous Sacroplasty for the Treatment of Sacral Insufficiency Fractures. *Am Roentgenol* 2005;184(6):1956-1959.
20. Brook AL, Mirsky DM, Bello JA. Computerized Tomography Guided Sacroplasty: A Practical Treatment for Sacral Insufficiency Fracture. *Case Report. Spine* 2005;30(15):E450-E454.
21. Deen HG, Nottmeier EW. Ballon kyphoplasty for treatment of sacral insufficiency fractures. Report of three cases. *Neurosurg Focus* 2005;18(3):1-7.
22. Binaghi S, Gubtern D, Schnyder P, Theumann N. A new, easy, fast, and safe method for CT-guided sacroplasty. *Eur Radiol* 2006;16(12):2875-2878.
23. Heron J, Connell DA, James SLJ. CT-guided sacroplasty for the treatment of sacral insufficiency fractures. *Clin Radiol* 2007;62(11):1094-1100.
24. Sciuabba DM, Wolinsky JP, Than KD, Gokaslan ZL, Witham TF, Murphy KP. CT Fluoroscopically Guided Percutaneous Placement of Transiliosacral Rod for Sacral Insufficiency Fracture: Case Report and Technique. *Am J Neuroradiol* 2007;28(8):1451-1454.
25. Strub WM, Hoffmann M, Ernst RJ, Bulas RV. Sacroplasty by CT and Fluoroscopic Guidance: Is the Procedure Right for Your Patient? *Am J Neuroradiol* 2007;28(1):38-41.
26. Whitlow CT, Mussat-Whitlow BJ, Mattern CWT, Baker MD, Morris PP. Sacroplasty versus Vertebroplasty: Comparable Clinical Outcomes for the Treatment of Fracture-Related Pain. *Am J Neuroradiol* 2007;28(7):1266-1270.
27. Frey ME, DePalma MJ, Cifu DX, Bhagia SM, Came W, Daitch JS. Percutaneous sacroplasty for osteoporotic sacral insufficiency fractures: a prospective, multicenter, observational pilot study. *Spine* 2008;8(2):367-373.
28. Gjertsen Ø, Schellhorn T, Nakstad PH. Fluoroscopy-Guided Sacroplasty: Special Focus on Preoperative Planning from Three-Dimensional Computed Tomography. *Acta Radiol* 2008;49(9):1042-1048.
29. Tjardes T, Paffrath T, Baethis H, Shafizadeh S, Steinhäuser E, Steinbuechel T, et al. Computer assisted percutaneous placement of augmented iliosacral screws: a reasonable alternative to sacroplasty. *Spine* 2008;33(13):1497-1500.
30. Bastian JD, Benneker LM, Seidel U, Heini P, Keel MJB. Sacroplasty: Technical Notes and Complications. *Eur spine J* 2010;19(Suppl 3):S299-S300.