

Instrumentación de fractura osteoporótica tóracolumbar: experiencia local y revisión de la literatura

Thoraco-lumbar osteoporotic fracture treated with fixation: local experience and literature review

Marcelo Droguett Mallea¹, Cristina Correa Valencia², Rodolfo López Allendes³, Diego Contreras Salazar⁴, Matías Nahuelpan Sanhueza⁵

¹ Neurocirujano, Clinical Spine Fellow, CHU Bordeaux, Unidad de Cirugía de Columna, Hospital Dr. Hernán Henríquez Aravena. Temuco, Chile.

² Traumatólogo, Clinical Spine Fellow, CHU Bordeaux, Unidad de Cirugía de Columna, Hospital Dr. Hernán Henríquez Aravena. Temuco, Chile.

³ Traumatólogo, PhD Universidad de Navarra, Unidad de Cirugía de Columna, Hospital Dr. Hernán Henríquez Aravena. Temuco, Chile.

⁴ Traumatólogo, Unidad de Cirugía de Columna, Hospital Dr. Hernán Henríquez Aravena. Temuco, Chile.

Resumen

La osteoporosis es un importante problema de salud pública. Las fracturas osteoporóticas más frecuentes son las de vertebras tóracolumbares. En la mayoría de los casos, el manejo inicial es conservador, sin embargo, pueden ocurrir importantes complicaciones. Se han desarrollado varias clasificaciones para definir la conducta terapéutica apropiada. Existen diferentes técnicas quirúrgicas de elección que consideran la condición clínica del paciente, el tiempo de evolución, y el nivel de severidad de la fractura. Se describe que la cifoplastia y la vertebroplastia no tienen diferencias en cuanto a *outcome* clínicos, y que la cementación con tornillos fenestrados aumenta la resistencia al *pull out*. La instrumentación corta, mínimamente invasiva, con incorporación de la vertebra fracturada, asociada a vertebroplastia es una técnica segura y avalada por la literatura. Se presenta estudio retrospectivo descriptivo de serie de casos.

Palabras clave: Fractura osteoporótica, fractura tóracolumbar, vertebroplastia, cifoplastia, artrodesis tóracolumbar.

Abstract

Osteoporosis is a major public health problem. The most common osteoporotic fractures are those of the thoracolumbar vertebrae. In most cases, initial management is conservative, however, serious complications can occur. Various classifications have been developed to define appropriate therapeutic conduct. There are different surgical techniques that consider the clinical condition of the patient, the time of evolution, and the level of severity of the fracture. The literature describes that kyphoplasty and vertebroplasty have no differences in terms of clinical outcomes, and that cementation with fenestrated screws increases resistance to pull out. The short minimally invasive instrumentation, with incorporation of the fractured vertebra, associated with vertebroplasty is a safe technique. A descriptive retrospective study of a series of cases is presented.

Key words: Osteoporotic fracture, thoracolumbar fracture, vertebroplasty, kyphoplasty, thoracolumbar fixation, spine surgery.

Correspondencia a:

Marcelo Droguett
Montt 115, Hospital Dr. Hernán Henríquez Aravena, Temuco
mdroguettmallea@gmail.com

Introducción

La osteoporosis es un problema de salud pública, y su incidencia en la población está en aumento¹. Las fracturas osteoporóticas más frecuentes son las vertebrales, especialmente las tóracolumbares, y conllevan una mayor morbimortalidad, y disminución de calidad de vida^{2,3}. El 15% de los pacientes puede ser asintomáticos, y la fractura ser solo un hallazgo radiológico. En la mayoría de los casos sintomáticos, el manejo inicial es conservador, con reposo, analgésicos, órtesis, medicamentos antiosteoporóticos, y terapia física, lográndose mejoría al cabo de 3 meses⁴. Sin embargo, en 15% - 35% de los pacientes pueden ocurrir importantes complicaciones, desde dolor crónico, deformidad en cifosis, déficit neurológico^{4,5} e incluso paraplejía en 3%⁶.

En 1993, Genant propone una clasificación de las fracturas vertebrales osteoporóticas en 3 grados de severidad según la forma y la pérdida de altura de la vertebra⁷.

En 1995, Sugita clasifica las fracturas osteoporóticas en 5 grupos basándose en radiografías laterales, con el objetivo de crear un sistema de pronóstico⁸, y demostrando que algunos tipos de fracturas osteoporóticas tienen alto riesgo de colapsar, siendo esto mayor en la unión tóracolumbar. Se ha planteado que el colapso vertebral se relaciona con la necrosis avascular^{9,10} y la pseudoartrosis¹¹. En 2003, se correlacionan y se clasifican los diagnósticos con resonancia en comparación con la radiografía¹². Las indicaciones de manejo conservador o cirugía son amplias, incluyendo técnicas mínimamente invasivas, y varían entre los países y centros, más aún no existiendo una clasificación de fracturas osteoporóticas validada internacionalmente.

En 2018, la sociedad alemana de trauma y ortopedia desarrolló una clasificación de fracturas osteoporóticas en 5 grupos, basándose en los elementos imagenológicos, y así

en conjunto con parámetros clínicos desarrollar un *score*, y definir la conducta terapéutica apropiada^{13,14}.

Existen diferentes técnicas quirúrgicas de elección que consideran la condición clínica del paciente, el tiempo de evolución, y el nivel de severidad de la fractura, incluso pudiéndose realizar fusiones combinadas vía anterior/posterior, o posteriores con osteotomía¹⁵.

Material y Método

Se presenta estudio retrospectivo descriptivo de serie de casos. Se realizó consulta bibliográfica en MEDLINE con términos de búsqueda (((osteoporotic fracture [MeSH Terms]) OR (thoracolumbar fracture)) AND ((vertebroplasty [MeSH Terms]) OR (kyphoplasty [MeSH Terms]))) AND ((thoracolumbar fixation) OR (spine surgery))).

Se describen 9 pacientes, todos de sexo femenino, y una edad promedio de 70 años, intervenidos quirúrgicamente en la IX región por fractura osteoporótica tóracolumbar durante el período 2018 - 2020. Se excluyeron pacientes con fracturas por insuficiencia en contexto tumoral o infeccioso.

Las cirugías fueron realizadas por el equipo de columna, compuesto por 3 cirujanos, todos presentes en cada una de las intervenciones realizadas.

Las indicaciones de instrumentación fueron 1) cifosis segmentaria mayor 25° en radiografías en carga iniciales; 2) Aumento de 10 grados o más en radiografía de seguimiento cada 2 semanas, no se consideran aumentos menores como hallazgo positivo dado variación intraobservador alta para dichas magnitudes¹⁶; 3) Compromiso neurológico.

Se excluyen de este trabajo las indicaciones de verboplastía pura (o similar).

Se consignan complicaciones médicas y/o quirúrgicas

Tabla 1. Subtipo de fractura osteoporótica (OF), cirugía y complicaciones

Paciente	Edad	Sexo	Subtipo OF	Cirugía	Complicaciones
1	51	F	3	Instrumentación percutánea larga con tornillos de 6,5 mm de diámetro + vertebroplastía	No
2	76	F	4	Instrumentación percutánea larga con tornillos de 6,5 mm de diámetro + vertebroplastía	<i>Pull out</i> al mes de control. Fuga de cemento.
3	82	F	4	Instrumentación percutánea corta con tornillos de 6,5 mm de diámetro + vertebroplastía	<i>Pull out</i> intraoperatorio
4	62	F	3	Instrumentación percutánea corta con tornillos de 7,5 mm de diámetro + vertebroplastía	No
5	70	F	4	instrumentación percutánea corta con tornillos de 7,5 mm de diámetro + vertebroplastía.	Fuga de cemento
6	66	F	5	Instrumentación larga con tornillos de 7,5 mm de diámetro + osteotomía de L2	No. Pendiente vía anterior.
7	69	F	2	Instrumentación percutánea corta con tornillos de 7.5 mm de diámetro + vertebroplastía.	Fuga de cemento
8	76	F	4	Instrumentación percutánea larga con tornillos de 7,5 mm de diámetro + vertebroplastía + descompresión T12	Fuga de cemento
9	76	F	3	Instrumentación percutánea corta con tornillos de 7,5 mm de diámetro + vertebroplastía	No

en Tabla 1.

En 8 pacientes se realizó cirugía mínimamente invasiva, con tornillos percutáneos fenestrados, de 4,0 - 4,5 cm de largo, y de 6,5 - 7,0 - 7,5 mm de diámetro, además de vertebroplastia.

Un paciente presentaba déficit neurológico por lo que, además se procedió a cirugía descompresiva.

Un paciente con deformidad severa requirió cirugía abierta y osteotomía de tres columnas.

El período de seguimiento fue de 1 a 2 años.

Presentación de casos

Caso 1

Paciente de 51 años, mujer, osteoporosis severa, nódulo tiroideo.

Consulta por dorsolumbalgia. Sin déficit neurológico.

Indicación quirúrgica: cifosis progresiva en radiografías de seguimiento cada 2 semanas.

Seguimiento: 20 meses (Figura 1).

Caso 2

Paciente de 76 años mujer, HTA, DM tipo 2, EPOC, obesidad.

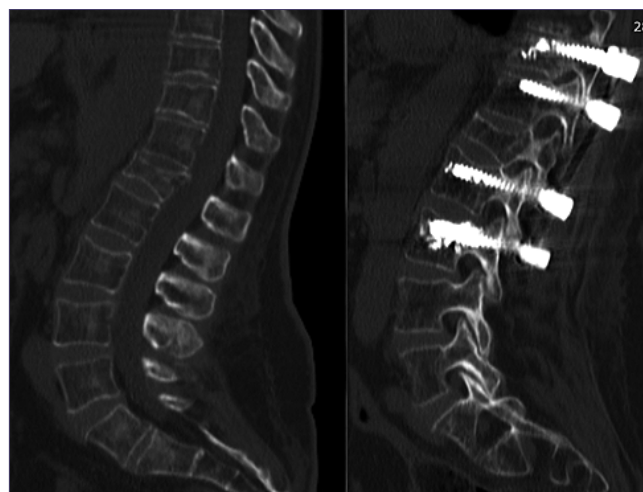


Figura 1. Cirugía: instrumentación percutánea larga con tornillos de 6,5 mm de diámetro + vertebroplastia.

Caída a nivel, dorsalgia de 1 mes de evolución. Sin déficit neurológico.

Indicación quirúrgica: cifosis progresiva en radiografías de seguimiento cada 2 semanas.

Seguimiento: 24 meses (Figura 2).

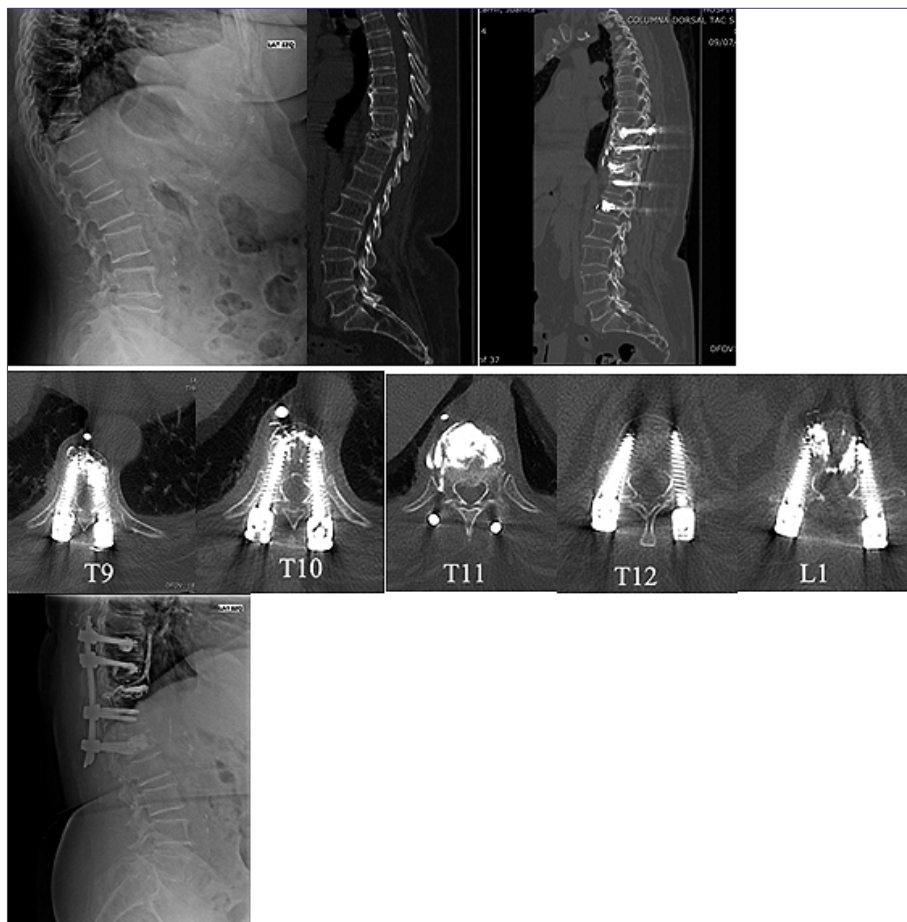


Figura 2. Cirugía: instrumentación percutánea larga con tornillos de 6,5 mm de diámetro + vertebroplastia. *Pull out* al mes de control, sin repercusión clínica a los 2 años de seguimiento.

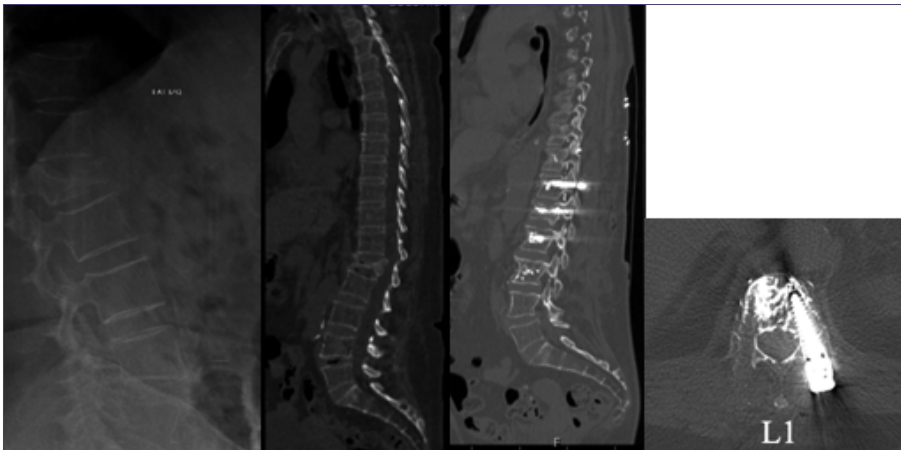


Figura 3. Cirugía: instrumentación percutánea corta con tornillos de 6,5 mm de diámetro + vertebroplastia. *Pull out* intraoperatorio. Sin repercusión clínica a los 2 años de seguimiento.

Caso 3

Paciente de 82 años, mujer, DMIR, HTA, AR, IC.
Lumbago de 2 semanas de evolución en relación esfuerzo físico.
Sin déficit neurológico.
Indicación quirúrgica: cifosis progresiva en radiografías de seguimiento cada 2 semanas.
Seguimiento: 12 meses (Figura 3).

segmentaria desde 5º en decúbito a 30º en radiografía de columna total AP-L en presentación inicial.
Seguimiento: 12 meses (Figura 4).

Caso 5

Paciente de 70 años, mujer, EPOC, HTA, hipotiroidismo, artritis psoriática, osteoporosis.
Caída a nivel. Sin déficit neurológico.
Indicación quirúrgica: cifosis segmentaria 30º en radiografía de columna total AP-L en presentación inicial.
Seguimiento: 18 meses (Figura 5).

Caso 4

Paciente de 62 años, mujer, DMIR, HTA, IRC, hipotiroidismo.
Caída a nivel. Sin déficit neurológico.
Indicación quirúrgica: fractura L1 con aumento de cifosis

Caso 6

Paciente de 66 años, mujer, sin déficit neurológico.

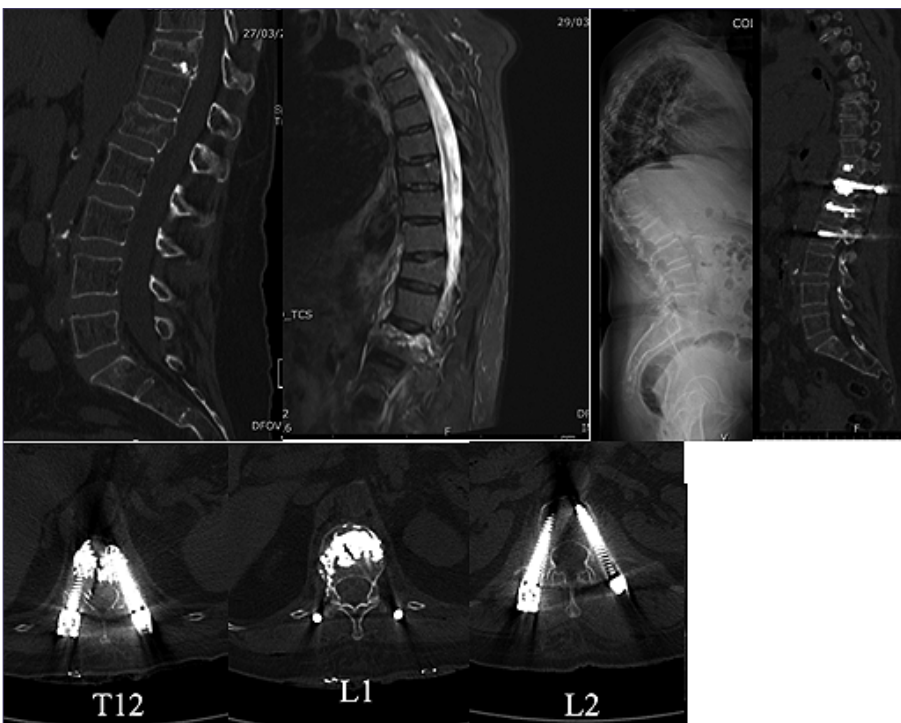


Figura 4. Cirugía: instrumentación percutánea corta con tornillos de 7,5 mm de diámetro + vertebroplastia.



Figura 5. Cirugía: instrumentación percutánea corta con tornillos de 7,5 mm de diámetro + vertebroplastia. A 2 años de seguimiento se objetiva constructo inalterado, y un balance sagital adecuado.

Indicación quirúrgica: fenómeno de Kummel con cifosis lumbar secundaria

Seguimiento: 12 meses (Figura 6).

Caso 7

Paciente de 69 años, mujer, HTA, DMIR. Dorsalgia.

Sin antecedente de trauma. Sin déficit neurológico.

Indicación quirúrgica: fractura T12 con cifosis progresiva en radiografías de seguimiento cada 2 semanas.

Seguimiento: 20 meses (Figura 7).

Caso 8

Paciente de 76 años, mujer, HTA.

2 semanas de dorsolumbalgia, agregándose paraparesia progresiva M3 proximal, M0 distal.

Indicación quirúrgica: aumento de cifosis en aumento en seguimiento evolutivo y aparición de compromiso neurológico motor progresivo.

Seguimiento: 12 meses (Figura 8).

Caso 9

Paciente de 76 años, mujer, HTA, Aneurisma cerebral operado.

Caída a nivel. Sin déficit neurológico.

Indicación quirúrgica: fractura L1 con aumento de cifosis segmentaria desde 2° en decúbito a 25° en radiografía de columna total AP-L en presentación inicial (Figuras 9 y 10).

Resultados

Se presentan los resultados en Tabla 1:

Se destacan:

- Dos *pull out*, uno intraoperatorio, y uno al mes de seguimiento.
- Fuga de cemento en 50% (4/8), acorde a la literatura, sin repercusión clínica.
- Un paciente presentaba déficit neurológico al ingreso, obteniéndose mejoría motora al seguimiento de 2 años.

Discusión

En cuanto a la opción quirúrgica, la literatura menciona que la vertebroplastia es superior al placebo en el manejo del dolor por fracturas osteoporóticas a nivel tóracolumbar de menos de 6 semanas¹⁷, sin embargo, la evidencia no es clara en cuanto a un beneficio clínico en calidad de vida a corto y mediano plazo^{18,19}.

La cifoplastia, con respecto a la vertebroplastia, tiene la ventaja de reducir al ángulo de cifosis y un menor riesgo de fuga de cemento, pero no existen diferencias en cuanto a outcome clínicos²⁰, y tampoco se ha demostrado que provoquen un aumento del riesgo de nuevas fracturas sintomáticas adyacentes¹⁸. Es más, se ha descrito que la vertebroplastia asociada a fijación con tornillos percutáneos podría prevenir fracturas adyacentes²¹.

La cementación con tornillos fenestrados aumenta significativamente la resistencia a *pullout*²², siendo suficiente una

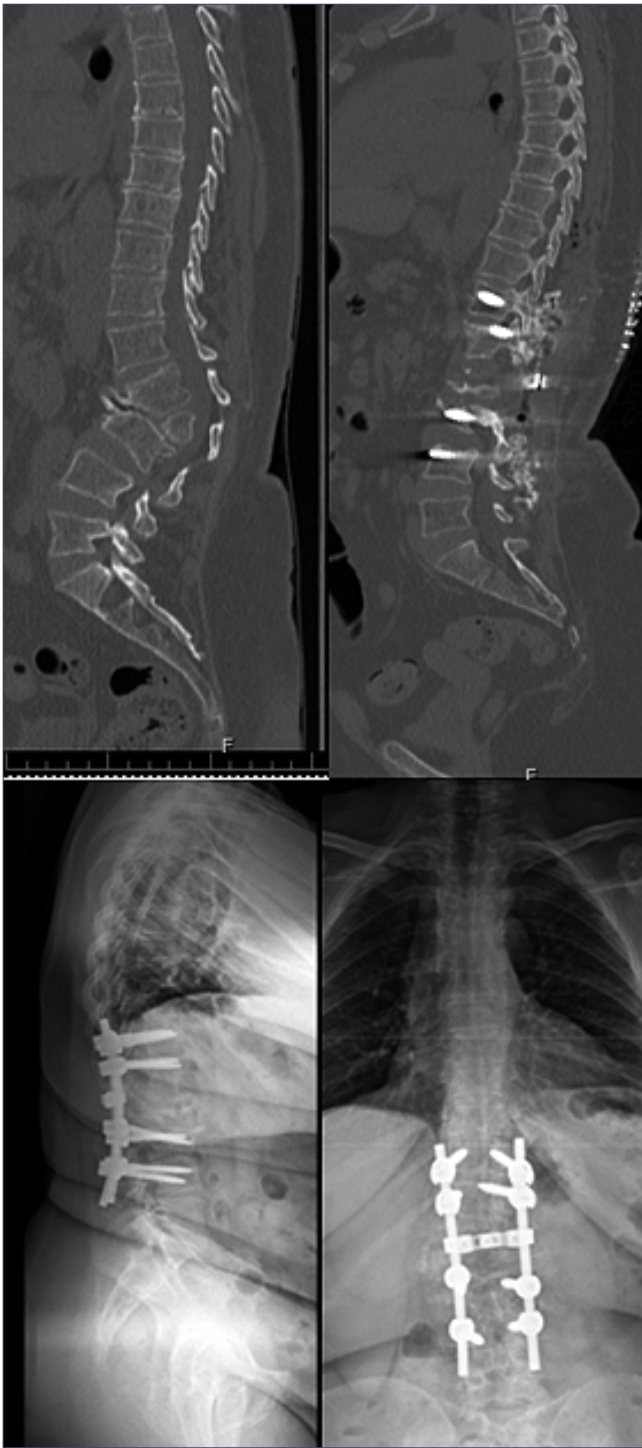


Figura 6. Cirugía: instrumentación larga con tornillos de 7,5 mm de diámetro + osteotomía de L2.

cantidad de 1,5 cc por tornillo²³.

La instrumentación corta, con inclusión o no de la vertebra fracturada ha mostrado excelentes resultados clínicos e imagenológicos en el manejo de las fracturas tóracolumbares^{24,25}; el incorporar la vertebra fracturada mejora el grado de corrección de la deformidad y disminuye el riesgo de falla

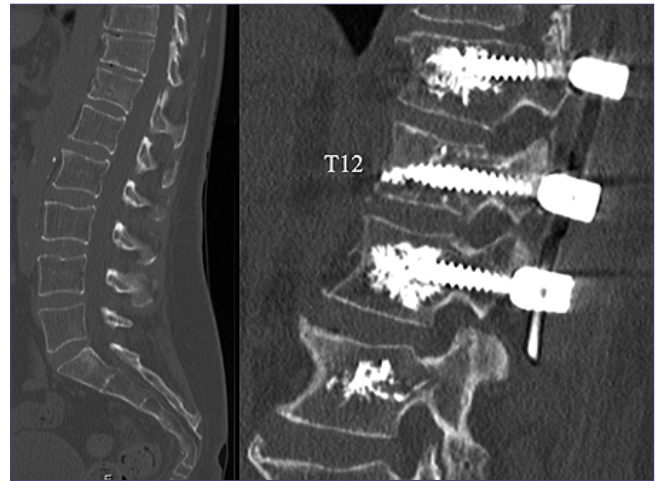


Figura 7. Cirugía: instrumentación percutánea corta con tornillos de 7,5 mm de diámetro + vertebroplastía.

de instrumentación²⁶. Existe debate en cuanto a si la instrumentación posterior debe ser larga o corta, describiéndose ventajas tanto para la primera²⁶, como para la segunda²⁷.

La instrumentación corta mínimamente invasiva, con inclusión de la vertebra osteoporótica fracturada, en combinación con cifoplastia o vertebroplastia ha mostrado ser confiable y segura tanto del punto de vista clínico como radiológico^{21,28,29,30}.

Si el paciente presenta déficit neurológico es necesaria la cirugía descompresiva, en conjunto a fijación posterior, además de la reducción anatómica de la fractura, ya que existe consenso que el deterioro neurológico es principalmente causado por la inestabilidad de la misma, más que por la compresión mecánica de los fragmentos óseos^{31,32,33}.

Desde el punto de vista técnico, debe considerarse que los tornillos bicorticales han demostrado ser una opción valida en cirugía de columna, con mejores resultados biomecánicos que los tornillos pediculares clásicos³⁴, no obstante, no existen estudios clínicos comparativos que avalen esto de momento.

Con respecto a las complicaciones, se describe que, en la vertebroplastia de fractura osteoporótica, la fuga de cemento cortical y venoso tienen una incidencia de 20,3% y 56,2%, respectivamente³⁵, sin mayor impacto clínico; y se ha reportado una mayor tasa de PJK (proximal junctional kyphosis) en fracturas osteoporóticas^{36,37}.

Conclusión

En resumen, consideramos que:

1. La vertebroplastía aislada es controversial para el manejo del dolor.
2. La instrumentación corta, mínimamente invasiva, con incorporación de vertebra fracturada, asociada a vertebroplastía es una técnica totalmente avalada por la literatura, y parece ser suficiente.
3. Los tornillos deben ser los más largo posible, idealmente bicorticales, o al menos subcondrales; con respecto al



Figura 8. Cirugía: instrumentación percutánea larga con tornillos de 7,5 mm de diámetro + vertebroplastía + descompresión T12.

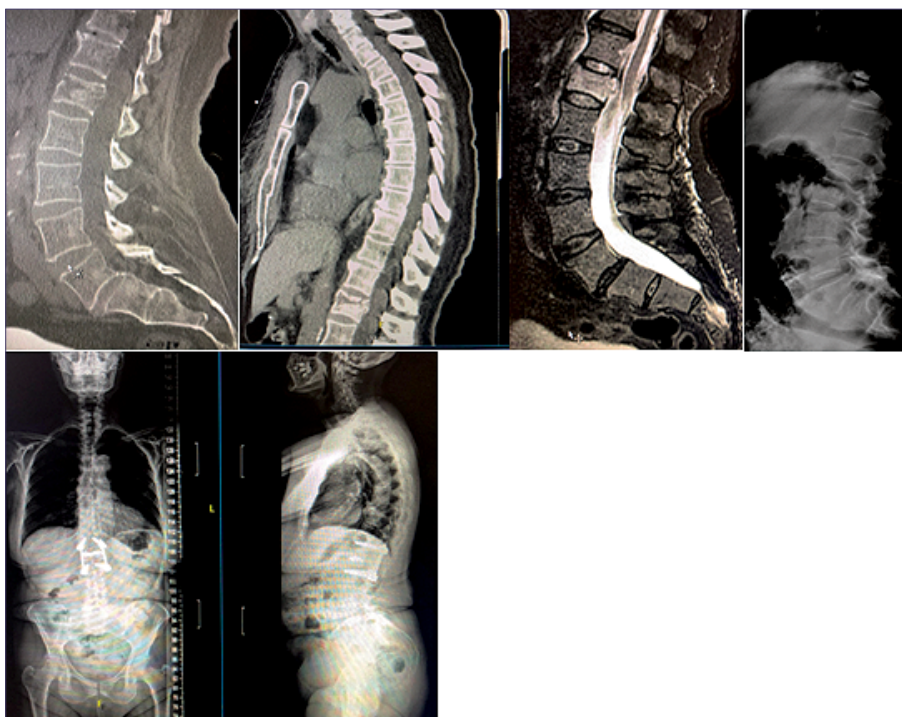


Figura 9. Cirugía: instrumentación percutánea corta con tornillos de 7,5 mm de diámetro + vertebroplastía.

diámetro sugerimos usar 7,5 mm, independientemente del diámetro pedicular, considerando su distensibilidad, y en caso extremo se pueden posicionar en forma yuxtape-

- dicular.
- 4. Es fundamental el periodo de seguimiento, con controles del balance sagital y coronal.

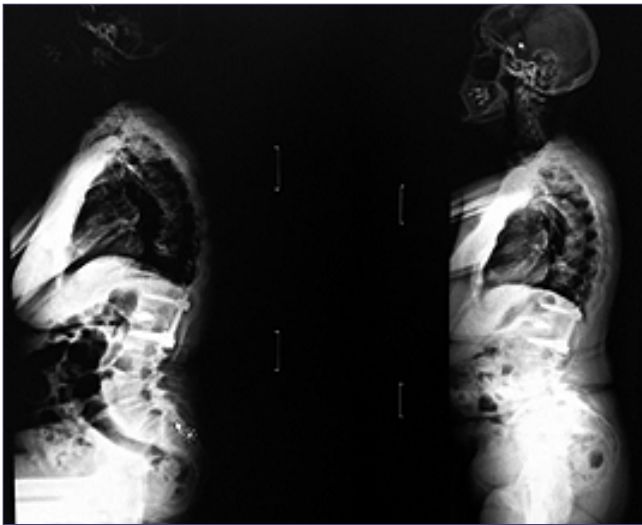


Figura 10. Se objetiva balance sagital adecuado a 2 años de seguimiento.

Referencias

1. Hadji P, Klein S, Gothe H, et al. The epidemiology of osteoporosis-Bone Evaluation Study (BEST): an analysis of routine health insurance data. *Dtsch Arztebl Int.* 2013;110:52-57.
2. Hasserijs R, Karlsson MK, Jönsson B, Redlund-Johnell I, Johnell O. Long-term morbidity and mortality after a clinically diagnosed vertebral fracture in the elderly-a 12- and 22-year follow-up of 257 patients. *Calcif Tissue Int.* 2005 Apr;76(4):235-42. doi: 10.1007/s00223-004-2222-2. Epub 2005 Apr 11. PMID: 15812579.
3. Johnell O, Kanis JA, Odén A, Sernbo I, Redlund-Johnell I, Petterson C, De Laet C, Jönsson B. Mortality after osteoporotic fractures. *Osteoporos Int.* 2004 Jan;15(1):38-42. doi: 10.1007/s00198-003-1490-4. Epub 2003 Oct 30. PMID: 14593451.
4. Cyteval C, Sarrabère MP, Roux JO, Thomas E, Jorgensen C, Blotman F, Sany J, Taourel P. Acute osteoporotic vertebral collapse: open study on percutaneous injection of acrylic surgical cement in 20 patients. *AJR Am J Roentgenol.* 1999 Dec;173(6):1685-90. doi: 10.2214/ajr.173.6.10584820. PMID: 10584820.
5. Lee HM, Park SY, Lee SH, Suh SW, Hong JY. Comparative analysis of clinical outcomes in patients with osteoporotic vertebral compression fractures (OVCFs): conservative treatment versus balloon kyphoplasty. *Spine J.* 2012 Nov;12(11):998-1005. doi: 10.1016/j.spinee.2012.08.024. Epub 2012 Sep 29. PMID: 23026068.
6. Baba H, Maezawa Y, Kamitani K, Furusawa N, Imura S, Tomita K. Osteoporotic vertebral collapse with late neurological complications. *Paraplegia.* 1995 May;33(5):281-9. doi: 10.1038/sc.1995.64. PMID: 7630656.
7. Genant HK, Wu CY, van Kuijk C, Nevitt MC. Vertebral fracture assessment using a semiquantitative technique. *J Bone Miner Res.* 1993;8:1137-1148
8. Sugita M, Watanabe N, Mikami Y, Hase H, Kubo T. Classification of vertebral compression fractures in the osteoporotic spine. *J Spinal Disord Tech.* 2005;18:376-381
9. Kaneda K, Asano S, Hashimoto T, Satoh S, Fujiya M. The treatment of osteoporotic-posttraumatic vertebral collapse using the

- Kaneda device and a bioactive ceramic vertebral prosthesis. *Spine (Phila Pa 1976).* 1992 Aug;17(8 Suppl):S295-303. doi: 10.1097/00007632-199208001-00015. PMID: 1523516.
10. Kaplan PA, Orton DF, Asleson RJ. Osteoporosis with vertebral compression fractures, retropulsed fragments, and neurologic compromise. *Radiology.* 1987 Nov;165(2):533-5. doi: 10.1148/radiology.165.2.3659378. PMID: 3659378.
11. Hasegawa K, Homma T, Uchiyama S, Takahashi H. Vertebral pseudarthrosis in the osteoporotic spine. *Spine (Phila Pa 1976).* 1998 Oct 15;23(20):2201-6. doi: 10.1097/00007632-199810150-00011. PMID: 9802162.
12. Kanchiku T, Taguchi T, Kawai S. Magnetic resonance imaging diagnosis and new classification of the osteoporotic vertebral fracture. *J Orthop Sci.* 2003;8:463-466.
13. Schnake KJ, Blatter TR, Hahn P, Franck A, Hartmann F, Ullrich B, Verheyden A, Mörk S, Zimmermann V, Gonschorek O, Müller M, Katscher S, Saman AE, Pajenda G, Morrison R, Schinkel C, Piltz S, Partenheimer A, Müller CW, Gercek E, Scherer M, Bouzraki N, Kandziora F; Spine Section of the German Society for Orthopaedics and Trauma. Classification of Osteoporotic Thoracolumbar Spine Fractures: Recommendations of the Spine Section of the German Society for Orthopaedics and Trauma (DGOU). *Global Spine J.* 2018 Sep;8(2 Suppl):46S-49S. doi: 10.1177/2192568217717972. Epub 2018 Sep 7. PMID: 30210960; PMCID: PMC6130101.
14. Blatter TR, Schnake KJ, Gonschorek O, Gercek E, Hartmann F, Katscher S, Mörk S, Morrison R, Müller M, Partenheimer A, Piltz S, Scherer MA, Ullrich BW, Verheyden A, Zimmermann V; Spine Section of the German Society for Orthopaedics and Trauma. Nonsurgical and Surgical Management of Osteoporotic Vertebral Body Fractures: Recommendations of the Spine Section of the German Society for Orthopaedics and Trauma (DGOU). *Global Spine J.* 2018 Sep;8(2 Suppl):50S-55S. doi: 10.1177/2192568217745823. Epub 2018 Sep 7. PMID: 30210962; PMCID: PMC6130106.
15. Watanabe K, Katsumi K, Ohashi M, Shibuya Y, Hirano T, Endo N, Kaito T, Yamashita T, Fujiwara H, Nagamoto Y, Matsuoka Y, Suzuki H, Nishimura H, Terai H, Tamai K, Tagami A, Yamada S, Adachi S, Yoshii T, Ushio S, Harimaya K, Kawaguchi K, Yokoyama N, Oishi H, Doi T, Kimura A, Inoue H, Inoue G, Miyagi M, Saito W, Nakano A, Sakai D, Nukaga T, Ikegami S, Shimizu M, Futatsugi T, Ohtori S, Furuya T, Orita S, Imagama S, Ando K, Kobayashi K, Kiyasu K, Murakami H, Yoshioka K, Seki S, Hongo M, Kakutani K, Yurube T, Aoki Y, Oshima M, Takahata M, Iwata A, Endo H, Abe T, Tsukanishi T, Nakanishi K, Watanabe K, Hikata T, Suzuki S, Isogai N, Okada E, Funao H, Ueda S, Shiono Y, Nojiri K, Hosogane N, Ishii K. Surgical outcomes of spinal fusion for osteoporotic vertebral fracture in the thoracolumbar spine: Comprehensive evaluations of 5 typical surgical fusion techniques. *J Orthop Sci.* 2019 Nov;24(6):1020-1026. doi: 10.1016/j.jos.2019.07.018. Epub 2019 Aug 21. PMID: 31445858.
16. Suwannarat P, Wattanapan P, Wiyanad A, Chokphukiao P, Wilaichit S, Amatachaya S. Reliability of novice physiotherapists for measuring Cobb angle using a digital method. *Hong Kong Physiother J.* 2017 Mar 31; 37:34-38. doi: 10.1016/j.hkpj.2017.01.003. PMID: 30931044; PMCID: PMC6385149.
17. Clark W, Bird P, Gonski P, Diamond TH, Smerdely P, McNeil HP, Schlaphoff G, Bryant C, Barnes E, Gebiski V. Safety and efficacy of vertebroplasty for acute painful osteoporotic fractures (VAPOUR): a multicentre, randomised, double-blind, placebo-con-

- trolled trial. *Lancet*. 2016 Oct 1;388(10052):1408-1416. doi: 10.1016/S0140-6736(16)31341-1. Epub 2016 Aug 17. Erratum in: *Lancet*. 2017 Feb 11;389(10069):602. PMID: 27544377.
18. Buchbinder R, Johnston RV, Rischin KJ, Homik J, Jones CA, Golmohammadi K, Kallmes DF. Percutaneous vertebroplasty for osteoporotic vertebral compression fracture. *Cochrane Database Syst Rev*. 2018 Apr 4;4(4):CD006349. doi: 10.1002/14651858.CD006349.pub3. Update in: *Cochrane Database Syst Rev*. 2018 Nov 06;11:CD006349. PMID: 29618171; PMCID: PMC6494647.
 19. Firanescu CE, de Vries J, Lodder P, Venmans A, Schoemaker MC, Smeets AJ, Donga E, Juttman JR, Klazen CAH, Elgersma OEH, Jansen FH, Tielbeek AV, Boukrab I, Schonenberg K, van Rooij WJJ, Hirsch JA, Lohle PNM. Vertebroplasty versus sham procedure for painful acute osteoporotic vertebral compression fractures (VERTOS IV): randomised sham controlled clinical trial. *BMJ*. 2018 May 9;361:k1551. doi: 10.1136/bmj.k1551. Erratum in: *BMJ*. 2018 Jul 4;362:k2937. Smeets AJ [corrected to Smeets AJ]. PMID: 29743284; PMCID: PMC5941218.
 20. Wang B, Zhao CP, Song LX, Zhu L. Balloon kyphoplasty versus percutaneous vertebroplasty for osteoporotic vertebral compression fracture: a meta-analysis and systematic review. *J Orthop Surg Res*. 2018 Oct 22;13(1):264. doi: 10.1186/s13018-018-0952-5. PMID: 30348192; PMCID: PMC6196425.
 21. Gu YT, Zhu DH, Liu HF, Zhang F, McGuire R. Minimally invasive pedicle screw fixation combined with percutaneous vertebroplasty for preventing secondary fracture after vertebroplasty. *J Orthop Surg Res*. 2015 Mar 7;10:31. doi: 10.1186/s13018-015-0172-1. PMID: 25890296; PMCID: PMC4352555.
 22. Charles YP, Pelletier H, Hydiar P, Schuller S, Garnon J, Sauleau EA, et al. Pullout characteristics of percutaneous pedicle screws with different cement augmentation methods in elderly spines: An in vitro biomechanical study. *Orthop Traumatol Surg Res* 2015;101:369-74.
 23. Pishnamaz M, Lange H, Herren C, Na HS, Lichte P, Hildebrand F, Pape HC, Kobbe P. The quantity of bone cement influences the anchorage of augmented pedicle screws in the osteoporotic spine: A biomechanical human cadaveric study. *Clin Biomech (Bristol, Avon)*. 2018 Feb;52:14-19. doi: 10.1016/j.clinbiomech.2017.12.012. Epub 2017 Dec 29. PMID: 29309925.
 24. Chen JX, Xu DL, Sheng SR, Goswami A, Xuan J, Jin HM, Chen J, Chen Y, Zheng ZM, Chen XB, Wang XY. Risk factors of kyphosis recurrence after implant removal in thoracolumbar burst fractures following posterior short-segment fixation. *Int Orthop*. 2016 Jun;40(6):1253-60. doi: 10.1007/s00264-016-3180-9. Epub 2016 Apr 26. PMID: 27116190.
 25. Sun C, Guan G, Liu X, Zhang H, Wang B. Comparison of short-segment pedicle fixation with versus without inclusion of the fracture level in the treatment of mild thoracolumbar burst fractures. *Int J Surg*. 2016 Dec;36(Pt A):352-357. doi: 10.1016/j.ijsu.2016.11.086. Epub 2016 Nov 17. PMID: 27867025.
 26. Zhang C, Liu Y. Combined pedicle screw fixation at the fracture vertebrae versus conventional method for thoracolumbar fractures: A meta-analysis. *Int J Surg*. 2018 May;53:38-47. doi: 10.1016/j.ijsu.2018.03.002. Epub 2018 Mar 11. PMID: 29535015.
 27. Girardo M, Massè A, Risitano S, Fusini F. Long versus Short Segment Instrumentation in Osteoporotic Thoracolumbar Vertebral Fracture. *Asian Spine J*. 2020 Oct 19. doi: 10.31616/asj.2020.0033. Epub ahead of print. PMID: 33059438.
 28. Hu X, Ma W, Chen J, Wang Y, Jiang W. Posterior short segment fixation including the fractured vertebra combined with kyphoplasty for unstable thoracolumbar osteoporotic burst fracture. *BMC Musculoskelet Disord*. 2020 Aug 21;21(1):566. doi: 10.1186/s12891-020-03576-9. PMID: 32825812; PMCID: PMC7442982.
 29. Li Z, Wang Y, Xu Y, Xu W, Zhu X, Chen C. Efficacy analysis of percutaneous pedicle screw fixation combined with percutaneous vertebroplasty in the treatment of osteoporotic vertebral compression fractures with kyphosis. *J Orthop Surg Res*. 2020 Feb 17;15(1):53. doi: 10.1186/s13018-020-1583-1. PMID: 32066480; PMCID: PMC7027033.
 30. Gu Y, Zhang F, Jiang X, Jia L, McGuire R. Minimally invasive pedicle screw fixation combined with percutaneous vertebroplasty in the surgical treatment of thoracolumbar osteoporosis fracture. *J Neurosurg Spine*. 2013 Jun;18(6):634-40. doi: 10.3171/2013.3.SPINE12827. Epub 2013 Apr 5. PMID: 23560713.
 31. Ataka H, Tanno T, Yamazaki M. Posterior instrumented fusion without neural decompression for incomplete neurological deficits following vertebral collapse in the osteoporotic thoracolumbar spine. *Eur Spine J*. 2009 Jan;18(1):69-76. doi: 10.1007/s00586-008-0821-8. Epub 2008 Nov 13. PMID: 19005689; PMCID: PMC2615122.
 32. Katsumi K, Hirano T, Watanabe K, Ohashi M, Yamazaki A, Ito T, Sawakami K, Sano A, Kikuchi R, Endo N. Surgical treatment for osteoporotic thoracolumbar vertebral collapse using vertebroplasty with posterior spinal fusion: a prospective multicenter study. *Int Orthop*. 2016 Nov;40(11):2309-2315. doi: 10.1007/s00264-016-3222-3. Epub 2016 May 18. PMID: 27194159.
 33. Nakano A, Ryu C, Baba I, Fujishiro T, Nakaya Y, Neo M. Posterior short fusion without neural decompression using pedicle screws and spinous process plates: A simple and effective treatment for neurological deficits following osteoporotic vertebral collapse. *J Orthop Sci*. 2017 Jul;22(4):622-629. doi: 10.1016/j.jos.2017.03.004. Epub 2017 Mar 31. PMID: 28366654.
 34. Cofano F, Marengo N, Ajello M, Penner F, Mammi M, Petrone S, Lavorato A, Zenga F, Garbossa D. The Era of Cortical Bone Trajectory Screws in Spine Surgery: A Qualitative Review with Rating of Evidence. *World Neurosurg*. 2020 Feb;134:14-24. doi: 10.1016/j.wneu.2019.10.079. Epub 2019 Oct 19. PMID: 31639506.
 35. Tang B, Cui L, Chen X, Liu Y. Risk Factors for Cement Leakage in Percutaneous Vertebroplasty for Osteoporotic Vertebral Compression Fractures: An Analysis of 1456 Vertebrae Augmented by Low-Viscosity Bone Cement. *Spine (Phila Pa 1976)*. 2021 Feb 15;46(4):216-222. doi: 10.1097/BRS.0000000000003773. PMID: 33156285.
 36. Amai K, Terai H, Suzuki A, Nakamura H, Watanabe K, Katsumi K, Ohashi M, Shibuya Y, Izumi T, Hirano T, Kaito T, Yamashita T, Fujiwara H, Nagamoto Y, Matsuoka Y, Suzuki H, Nishimura H, Tagami A, Yamada S, Adachi S, Yoshii T, Ushio S, Harimaya K, Kawaguchi K, Yokoyama N, Oishi H, Doi T, Kimura A, Inoue H, Inoue G, Miyagi M, Saito W, Nakano A, Sakai D, Nukaga T, Ikegami S, Shimizu M, Futatsugi T, Ohtori S, Furuya T, Orita S, Imagama S, Ando K, Kobayashi K, Kiyasu K, Murakami H, Yoshioka K, Seki S, Hongo M, Kakutani K, Yurube T, Aoki Y, Oshima M, Takahata M, Iwata A, Endo H, Abe T, Tsukanishi T, Nakanishi K, Watanabe K, Hikata T, Suzuki S, Isogai N, Okada E, Funao H, Ueda S, Shiono Y, Nojiri K, Hosogane N, Ishii K. Risk Factors for Proximal Junctional Fracture Follow-

ing Fusion Surgery for Osteoporotic Vertebral Collapse with Delayed Neurological Deficits: A Retrospective Cohort Study of 403 Patients. *Spine Surg Relat Res.* 2018 Oct 19;3(2):171-177. doi: 10.22603/ssrr.2018-0068. PMID: 31435571; PMCID: PMC6690093.

37. Zhao J, Chen K, Zhai X, Chen K, Li M, Lu Y. Incidence and risk factors of proximal junctional kyphosis after internal fixation for adult spinal deformity: a systematic evaluation and meta-analysis. *Neurosurg Rev.* 2021 Apr;44(2):855-866. doi: 10.1007/s10143-020-01309-z. Epub 2020 May 19. PMID: 32424649.