



UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE MÉXICO

FACULTAD DE MEDICINA
DIVISIÓN DE ESTUDIOS DE POSGRADO E INVESTIGACIÓN

HOSPITAL CENTRAL SUR DE ALTA ESPECIALIDAD
SERVICIO ORTOPEDIA Y TRAUMATOLOGÍA

**COMPLICACIONES RADICULARES POSTERIORES A LA COLOCACIÓN DE
TORNILLOS TRANSPEDICULARES DE ACUERDO A LA CLASIFICACIÓN
GERTZBEIN EN PACIENTES POSTOPERADOS DE INSTRUMENTACIÓN LUMBAR.**

**TESIS DE POSGRADO
PARA OBTENER EL TÍTULO DE:
MÉDICO ESPECIALISTA EN ORTOPEDIA.**

PRESENTA:

DR. ARTURO RIVERA GALINDO

TUTOR DE TESIS:
DR. PABLO TADEO ATLITEC CASTILLO
ASESOR DE TESIS:
DRA. EVA MARIA LUNA RIVERA



Universidad Nacional
Autónoma de México

Dirección General de Bibliotecas de la UNAM

Biblioteca Central



UNAM – Dirección General de Bibliotecas
Tesis Digitales
Restricciones de uso

DERECHOS RESERVADOS ©
PROHIBIDA SU REPRODUCCIÓN TOTAL O PARCIAL

Todo el material contenido en esta tesis esta protegido por la Ley Federal del Derecho de Autor (LFDA) de los Estados Unidos Mexicanos (México).

El uso de imágenes, fragmentos de videos, y demás material que sea objeto de protección de los derechos de autor, será exclusivamente para fines educativos e informativos y deberá citar la fuente donde la obtuvo mencionando el autor o autores. Cualquier uso distinto como el lucro, reproducción, edición o modificación, será perseguido y sancionado por el respectivo titular de los Derechos de Autor.

DR. CESAR ALEJANDRO ARCE SALINAS
DIRECTOR
HOSPITAL CENTRAL SUR DE ALTA ESPECIALIDAD
PETRÓLEOS MEXICANOS

DR. JESÚS REYNA FIGUEROA
JEFE DEL DEPARTAMENTO DE ENSEÑANZA E INVESTIGACIÓN

DR. RODRIGO FÉLIX GARZA
JEFE DE SERVICIO DE ORTOPEDIA Y TRAUMATOLOGÍA

DR. PABLO TADEO ATLITEC CASTILLO
PROFESOR TITULAR Y MÉDICO ADSCRITO
SERVICIO DE ORTOPEDIA Y TRAUMATOLOGÍA

DRA. EVA MARÍA LUNA RIVERA
TUTOR Y ASESOR DE TESIS
ÁREA DE ENSEÑANZA E INVESTIGACIÓN

DR. JAIME ANTONIO SÁNCHEZ SANDOVAL
ASESOR DE TESIS Y MÉDICO ADSCRITO
SERVICIO DE ORTOPEDIA Y TRAUMATOLOGÍA
CIUDAD DE MÉXICO JULIO 2019

Índice.....	1
Título.....	2
Autores.....	2
Correspondencia.....	3
Resumen.....	4
Abstract.....	5
Introducción.....	7
Material y métodos.....	9
Resultados.....	10
Discusión.....	12
Conclusiones.....	14
Agradecimientos.....	14
Conflicto de intereses.....	14
Referencias	14
Anexos.....	18

**Complicaciones radiculares posteriores a la colocación de tornillos
transpediculares de acuerdo a la clasificación Gertzbein en pacientes
postoperados de instrumentación lumbar.**

Título corto: Radiculopatía en instrumentación lumbar

Rivera-Galindo A^a, Luna-Rivera EM^b, Sanchez Sandoval JA^c, Félix Garza R^d, Visoso
Palacios P^e, Atlitec Castillo PT^f

- a. Residente de Ortopedia y Traumatología, Hospital Central Sur de Alta Especialidad de Petróleos Mexicanos
- b. Médico Adscrito, Departamento de Enseñanza e Investigación, Hospital Central Sur de Alta Especialidad de Petróleos Mexicanos, Ciudad de México, México.
- c. Médico adscrito, Servicio de traumatología y Ortopedia, Hospital Central Sur de Alta Especialidad de Petróleos Mexicanos, Ciudad de México, México.
- d. Médico adscrito, Servicio de traumatología y Ortopedia, Hospital Central Sur de Alta Especialidad de Petróleos Mexicanos, Ciudad de México, México.
- e. Jefe de servicio terapia intensiva Hospital Central Sur de Alta Especialidad de Petróleos Mexicanos, Ciudad de México, México.
- f. Médico adscrito, Servicio de traumatología y Ortopedia, Hospital Central Sur de Alta Especialidad de Petróleos Mexicanos, Ciudad de México, México.

Correspondencia:

**Autor: Atlitec Castillo Pablo Tadeo médico adscrito del servicio de Ortopedia y
Traumatología**

Periférico sur 4091,

Colonia: Fuentes del pedregal, CP: 14140,

Tlalpan, Ciudad de México

Correo electrónico: atlitec33@hotmail.com

RESUMEN

Introducción: la instrumentación lumbar es un procedimiento muy frecuente en el cual se colocan tornillos transpediculares con el riesgo de una mala colocación cuya complicación sea daño radicular.

Objetivo: Describir la asociación entre la colocación extrapedicular de tornillos transpediculares clasificados con la escala Gertzbein y la presencia de complicaciones radiculares.

Material y Métodos: Se realizó un estudio de cohorte retrospectivo con pacientes postoperados de instrumentación lumbosacra con técnica manos libres y apoyo de fluoroscopio, por el servicio de Ortopedia y Traumatología en el hospital central sur de alta especialidad entre agosto 2011 a abril 2019, con un seguimiento hasta de 2 años. La muestra fue por conveniencia bajo los siguientes criterios de inclusión: a) pacientes postoperados de instrumentación lumbar con técnica de manos libres y apoyo de fluoroscopio b) Con tomografía computarizada postquirúrgica y un adecuado seguimiento del paciente. c) Con seguimiento de hasta 2 años en busca de sintomatología radicular, secuelas neurológicas postquirúrgicas y necesidad de reintervención quirúrgica. El análisis topográfico de la colocación de los tornillos transpediculares fue con la escala de Gertzbein.

Resultados: De los 60 pacientes que cumplieron los criterios de inclusión, 38.3% hombres (23) y 61.6% mujeres (37), con un total de 317 tornillos transpediculares, 63.4% (201) se encontraban con clasificación Gertzbein 0; 25.55% (81) con Gertzbein

1; 7.57% (24) con Gertzbein 2; y 3.47% (11) con Gertzbein 3. La frecuencia de complicaciones radicales fue del 2.8% (9 tornillos), 2 tornillos (0.6%) con invasión leve a la cortical, 3 tornillos (0.94%) con invasión moderada, 4 tornillos (1.26%) con invasión severa. Se realizaron 3 medidas de asociación, chi cuadrada, Tau b de Kendall y Rho de Spearman, obteniendo en los 3 con un P menor a 0.05

Conclusiones:

Se presentó una asociación significativa entre mayor invasión a la cortical, mayor presencia de complicaciones radicales.

Palabras clave: Tornillo pedicular, vértebra lumbar

ABSTRACT

Introduction: Lumbar instrumentation is a very frequent procedure in which transpedicular screws are placed with the risk of a bad placement whose complication is radicular damage.

Objective: To describe the association between extrapedicular placement of transpedicular screws, classified with a Gertzbein scale, and the presence of radicular complications.

Material and methods: We performed a cohort study, in postoperative patients of lumbosacral instrumentation with a hands-free technique and fluoroscope support, by orthopedics and traumatology service in the south central highly specialized hospital

PEMEX, between August 2011 to April 2019, with a follow-up of up to 2 years. The sample was for convenience under the following inclusion criteria: a) postoperative patients of lumbar instrumentation with hands-free technique and fluoroscope support b) With post-surgical computed tomography and adequate patient follow-up. c) With a follow-up of up to 2 years in search of radicular symptoms, post-surgical neurological sequelae and the need for surgical reintervention.

Results: Of 60 patients who fulfilled the inclusion criteria; 38.3% were men (23) and 61.6% women (37), with a total of 317 transpedicular screws, 63.4% (201) were classified Gertzbein 0; 25.55% (81) with Gertzbein 1; 7.57% (24) with Gertzbein 2; and 3.47% (11) with Gertzbein 3. The frequency of radicular complications was 2.8% (9 screws), 2 screws (0.6%) with minimal cortical invasion, 3 screws (0.94%) with moderate invasion, 4 screws (1.26%) with several invasion.

We made 3 measures of association, chi square, Kendall's Tau b, and Spearman's Rho, obtaining in the 3 a P less than 0.05.

Conclusions:

There was a significant association between greater cortical invasion, greater presence of root complications.

Key words: Pedicle Screw, Vertebrae, Lumbar

INTRODUCCIÓN

El uso de tornillos transpediculares data a finales de la década de los 50's y continua hasta la fecha¹⁻⁴ como uno de los métodos más utilizados para el tratamiento de múltiples patologías en columna lumbar, ya sea degenerativa, traumática, infecciosa, congénita u oncológica. La fijación con tornillos transpediculares consiste en la colocación de un tornillo metálico desde la región posterior, pasando por el pedículo, hasta el cuerpo vertebral que es anterior, lo cual, logra una adecuada estabilidad al abarcar las 3 columnas de Dennis.¹

A pesar de que el pedículo es un lugar común de fijación con tornillo, existe un riesgo inherente de complicaciones por la cercanía de estructuras anatómicas importantes que pueden lesionarse como: el canal medular en la región medial, raíces nerviosas por debajo, y grandes vasos en la región anterior⁵, con secuelas que podrían ser desde dolor radicular hasta déficit neurológico.

Para disminuir el riesgo de complicaciones, se requiere de una valoración anatómica pre-quirúrgica detalla de los componentes posteriores de la vértebra a través del uso de radiografías e incluso tomografía computarizada. Durante la cirugía se emplea el fluoroscopio, instrumento que a través de rayos X nos permite visualizar la posición, identificar más fácil el sitio de entrada y la trayectoria de los tornillos transpediculares en tiempo real para poder realizar la corrección en el evento quirúrgico.³ Posteriormente, para corroborar la colocación del tornillo transpedicular, se emplea la tomografía computarizada, que permite una mejor observación del tornillo que las radiografías

simples, logrando detectar anomalías como la invasión del tornillo a la cortical del pedículo con una precisión 10 veces mayor que las radiografías.^{3,4,7}

Para analizar la colocación del tornillo en la tomografía, se utiliza la escala de Gertzbein modificada⁸, la cual describe la colocación de los tornillos transpediculares dependiendo de la invasión a cualquier pared de la cortical del pedículo asignando un número del 0 al 3, considerándose como **zonas seguras de colocación**, aquellas valoraciones en 0, 1 y 2. La clasificación Gertzbein 3 es considerada zona no segura por su alta frecuencia de complicaciones radiculares asociadas.^{2-4,9-11}

La literatura universal reporta que los tornillos con invasión severa, presentarán complicaciones radiculares hasta en 8.5% y requerirán una cirugía de revisión de instrumentación.^{7,12,13} Así mismo, existen reportes de que los tornillos en zona segura también presentan complicaciones radiculares hasta en un 0.5%.^{7,12-14} La presencia de complicaciones radiculares se puede identificar en las primeras horas postquirúrgicas con la presencia de parestesias, déficit motor o dolor radicular.

A pesar de que existen reportes acerca de la instrumentación lumbar con colocación de tornillos extrapediculares, en su mayoría se enfocan a analizar la evolución o mejoría del dolor pre y posquirúrgico sin enfocarse en asociar la adecuada colocación de los tornillos y la presencia de complicaciones radiculares. Por lo que realizamos este estudio en busca de la asociación entre una colocación de tornillos extrapediculares según la clasificación Gertzbein y la presencia de sintomatología radicular en pacientes postoperados de instrumentación lumbosacra con técnica manos libres y apoyo con fluoroscopia.

MATERIAL Y MÉTODOS

Diseño Este proyecto con registro: 27-19 fue aprobado por los Comités de Investigación y de Ética en Investigación del Hospital Central Sur de Alta Especialidad de Petróleos Mexicanos de la Ciudad de México, México. Es un estudio observacional, analítico, retrospectivo y longitudinal.

Población

Este estudio incluyó a pacientes postoperados de instrumentación lumbosacra con técnica manos libres y apoyo de fluoroscopia, por el servicio de Ortopedia y Traumatología de nuestro hospital entre agosto 2011 a abril 2019, con un seguimiento hasta de 2 años. La muestra fue por conveniencia bajo los siguientes criterios de inclusión: a) pacientes postoperados de instrumentación lumbar primaria con técnica de manos libres y apoyo de fluoroscopia b) Con tomografía computarizada postquirúrgica y un adecuado seguimiento del paciente. c) Con seguimiento de hasta 2 años en busca de sintomatología radicular, secuelas neurológicas postquirúrgicas y necesidad de reintervención quirúrgica. Los criterios de exclusión fueron a) Pacientes con antecedente de una instrumentación lumbar previa o daño neurológico previo a la cirugía. b) Postoperados con otra técnica quirúrgica como: uso de potenciales evocados, percutánea, etc. c) Pacientes con tomografía postquirúrgica no valorable por fallas técnicas.

Fluoroscopia

El fluoroscopio utilizado fue un Arcadis - Varic de marca SIEMENS, con arco en "C" con proyecciones anteroposteriores y laterales.

Tomografías y valoración con la escala de Gertzbein

El tomógrafo utilizado fue un Aquilion 64 CT, marca Toshiba, con cortes de 2mm, proyecciones sagitales, coronales y axiales. La visualización de las tomografías fue a través del sistema digital Carestream. El análisis topográfico de la colocación de los tornillos transpediculares fue con la escala de Gertzbein.

Análisis estadístico

Para el análisis descriptivo se determinaron frecuencias y porcentajes. Para determinar asociación y correlación se emplearon los análisis de: chi cuadrada, Tau b de Kendall y Rho de Spearman mediante el programa estadístico SPSS.

RESULTADOS

Características de la población

Se operaron 99 pacientes de instrumentación lumbosacra, por 6 cirujanos de columna, entre agosto 2011 a abril 2019. Se excluyeron 39 pacientes por no cubrir los criterios de inclusión: 34 no contaban con tomografía postquirúrgica o ésta presentaba falla en la visualización, 1 paciente con fractura T11 y lesión medular prequirúrgica y 4 pacientes que fueron operados con otras técnicas. Nuestra población final de estudio incluyó 60

pacientes, 38.3% hombres (23) y 61.6% mujeres (37), con un total de 317 tornillos transpediculares. El rango de edad abarca de los 38 hasta los 79 años (promedio de 58.35 años). Las indicaciones quirúrgicas fueron: 71.01% patología degenerativa (49), 11.59% traumática (8), y 4.34% infecciosa (3). De los pacientes que se realizó instrumentación dorsolumbar, solo se tomaron en cuenta para este estudio los tornillos lumbares.

Evaluación de la colocación de tornillos transpediculares por la escala de Gertzbein

De los 317 tornillos colocados, 63.4% tornillos (201) se encontraban dentro del pedículo sin lesionar corticales, Gertzbein 0; 25.55% tornillos (81) una invasión mínima, Gertzbein 1; 7.57% tornillos (24) invasión moderada, Gertzbein 2; y 3.47% tornillos (11) una invasión severa Gertzbein 3. (Figura 1) Los niveles con mayor instrumentación fueron L4 con 98 tornillos (30.9%), y L5 con 96 tornillos (30.2%), además L4 fue el nivel con mayor número de tornillos con perforación severa con 4 tornillos. (Tabla 1)

Complicaciones posquirúrgicas

La frecuencia de complicaciones radiculares fue del 2.8% (9 tornillos) siendo 5 tornillos colocados en zona segura y 4 en zona no segura.

De los tornillos en zona segura 2 tornillos fueron Gertzbein 1 en dos pacientes, los 3 tornillos restantes, fueron Gertzbein 2 colocados a tres pacientes. Los 4 tornillos con clasificación Gertzbein 3 se presentaron en 3 pacientes. (Tabla 2)

De los 317 tornillos se tuvieron que recolocar 5 tornillos (1.57%) en 4 pacientes, 2 tornillos (0.63%) con invasión moderada y 3 tornillos (0.94%) con invasión severa. El motivo del retiro fueron 3 pacientes por dolor radicular sin mejoría y 1 por dolor radicular y déficit motor.

La asociación entre la colocación extrapedicular y complicación radicular se calculó con 3 medidas de asociación, chi cuadrada, Tau b de Kendall y Rho de Spearman, obteniendo en los 3 estadísticos con una P menor a 0.05 de mostrando una asociación significativa.

DISCUSIÓN

La instrumentación lumbar con técnica a manos libres y el uso de fluoroscopio continúa siendo de los métodos preferidos para el tratamiento de varias patologías lumbares a nivel mundial. En teoría el uso de fluoroscopio transquirúrgico aumenta la exactitud en la colocación de tornillos transpediculares, llegando a presentar una colocación en zona segura entre el 60 al 95.2%.^{2,3,6,12} En nuestro estudio presentamos que el 96.5% de los tornillos (306) se encontraron en zona segura, y que el 2.8% (9 tornillos) con complicación radicular, estas complicaciones pueden ser provocadas por un daño directo a la raíz nerviosa en la exploración del foramen, la colocación extrapedicular de los tornillos transpediculares u en otro momento del acto quirúrgico.

La invasión leve es considerada por muchos autores como una colocación igual a la colocación intrapedicular exacta (Gertzbein 0), y por lo tanto no provocan complicaciones radiculares.¹⁴ En la literatura se reporta que el 0.5% de los tornillos en

zona segura pueden presentar complicaciones radiculares, nosotros encontramos que los tornillos en zona segura el 1.57 % presentaron complicación radicular, de estos el 0.6% tornillos (2) se clasificaron como Gertzbein 1, por lo que la sintomatología de estos pacientes puede no estar relacionada directamente a los tornillos. Se encontró que el 3.47% de los tornillos (11) con clasificación Gertzbein 3, similar a lo reportado en la literatura, de los cuales casi la mitad (4 tornillos) presentaron complicaciones radiculares, al realizar las pruebas de asociación se obtuvo una P menor a 0.05 se demostró una asociación significativa, por lo que entre mayor invasión a la cortical, mayor presencia de sintomatología radicular. En futuras cirugías, encontrarse con tornillos con invasión severa deberá considerarse el recambio quirúrgico. En cuanto a los tornillos con invasión moderada encontramos que el 0.9% (3) presentaron complicación radicular, similar a lo reportado en la literatura universal, por lo que estos tornillos se deberán de individualizar cada caso si requieren una reintervención.

El estudio presenta la limitante de estudiar el dolor referido por los pacientes, el cual es subjetivo, y muchas veces los pacientes no logran una descripción adecuada de su sintomatología. Además debido a que es un estudio retrospectivo, no se puede realizar un adecuado control y seguimiento de todos los pacientes y no en todos los casos se logra identificar la causa de una complicación radicular, pudiendo ser por un tornillo extrapedicular o alguna lesión de estructuras nerviosas en otro momento de la cirugía. Debido a que no se cuentan con muchos estudios que busquen la relación entre la colocación extrapedicular y la presencia de complicaciones radiculares, nosotros proponemos la realización de estudios prospectivos, donde se realice un seguimiento más riguroso de los pacientes.

CONCLUSIONES

La instrumentación transpedicular con técnica a manos libres y uso de fluoroscopia es uno de los métodos más utilizados debido a su facilidad y bajo costo en comparación con otras técnicas logrando buenos resultados en la colocación precisa de los tornillos transpediculares. La tomografía de control postquirúrgica y la clasificación Gertzbein son una buena opción para identificar tornillos extrapediculares y así normar conductas terapéuticas en futuros casos.

AGRADECIMIENTOS

Agradecimiento al servicio de ortopedia y traumatología del hospital de alta especialidad de PEMEX sur, al Pablo Tadeo Atlitec Castillo, Dr. Rodrigo Félix Garza, Dr. Jaime Sánchez Sandoval, Dr. Porfirio Visoso Palacios y la Dra. Eva María Luna por la supervisión y apoyo para la realización de este estudio.

CONFLICTO DE INTERESES

En la realización del estudio, el autor no presento ningún conflicto de interés en la búsqueda de información y en la publicación de ésta.

REFERENCIAS

1. Steib J-P, Schuller S. Osteosíntesis de la columna vertebral: evolución de materiales y técnicas. EMC - Técnicas Quirúrgicas - Ortop y Traumatol [Internet]. 2013;5(3):1–20. Available from: [http://dx.doi.org/10.1016/S2211-033X\(13\)65519-X](http://dx.doi.org/10.1016/S2211-033X(13)65519-X)
2. Nevzati E, Marbacher S, Soleman J, Perrig WN, Diepers M, Khamis A, et al. Accuracy of pedicle screw placement in the thoracic and lumbosacral spine using

a conventional intraoperative fluoroscopy-guided technique: A national neurosurgical education and training center analysis of 1236 consecutive screws. *World Neurosurg* [Internet]. 2014;82(5):866-871.e2. Available from: <http://dx.doi.org/10.1016/j.wneu.2014.06.023>

3. Puvanesarajah V. Techniques and accuracy of thoracolumbar pedicle screw placement. *World J Orthop*. 2014;5(2):112. Available from: <http://dx.doi.org/10.5312/wjo.v5.i2.112>
4. Kwan MK, Chiu CK, Chan CYW, Zamani R, Hansen-Algenstaedt N. A comparison of feasibility and safety of percutaneous fluoroscopic guided thoracic pedicle screws between Europeans and Asians: is there any difference? *Eur Spine J*. 2016;25(6):1745–53. Available from: <http://dx.doi.org/10.1007/s00586-015-4150-4>
5. Parker SL, Amin AG, Santiago-Dieppa D, Liauw JA, Bydon A, Sciubba DM, et al. Incidence and clinical significance of vascular encroachment resulting from freehand placement of pedicle screws in the thoracic and lumbar spine. *Spine (Phila Pa 1976)*. 2014;39(8):683–7. Available from: <http://dx.doi.org/10.1097/BRS.0000000000000221>
6. Perna F, Borghi R, Pilla F, Stefanini N, Mazzotti A, Chehrassan M. Pedicle screw insertion techniques: an update and review of the literature. *Musculoskelet Surg*. 2016;100(3):165–9. Available from: <http://dx.doi.org/10.1007/s12306-016-0438-8>
7. Hansen-Algenstaedt N, Chiu CK, Chan CYW, Lee CK, Schaefer C, Kwan MK. Accuracy and safety of fluoroscopic guided percutaneous pedicle screws in thoracic and lumbosacral spine: A review of 2000 screws. *Spine (Phila Pa 1976)*.

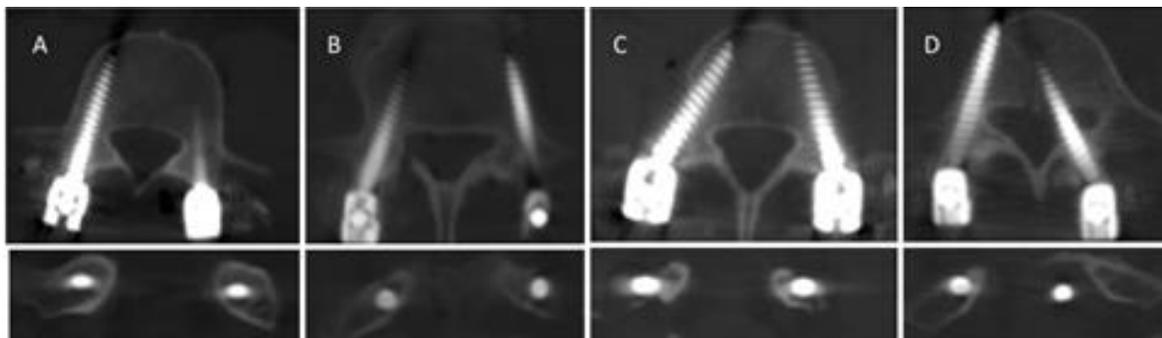
- 2015;40(17):E954–63. Available from:
<http://dx.doi.org/10.1097/BRS.0000000000000958>
8. Gertzbein SD, Robbins SE. Accuracy of pedicular screw placement in vivo. *Spine (Phila Pa 1976)* 1990;15(1):11-14 Available from:
<http://dx.doi.org/10.1097/00007632-199001000-00004>
9. Chiu CK, Kwan MK, Chan CYW, Schaefer C, Hansen-Algenstaedt N. The accuracy and safety of fluoroscopically guided percutaneous pedicle screws in the lumbosacral junction and the lumbar spine: A review of 880 screws. *Bone Jt J.* 2015;97-B(8):1111–7. Available from: <http://dx.doi.org/10.1302/0301-620X.97B8.35330>
10. Innocenzi G, Bistazzoni S, Ercole MD, Cardarelli G, Ricciardi F. Does Navigation Improve Pedicle Screw Placement Accuracy? Comparison Between Navigated and Non-navigated Percutaneous and Open Fixations. 2017;124. Available from: Available from: [http://dx. DOI: 10.1007/978-3-319-39546-3_42](http://dx.doi.org/10.1007/978-3-319-39546-3_42)
11. Koktekir E, Ceylan D, Tatarli N, Karabagli H, Recber F, Akdemir G. Accuracy of fluoroscopically-assisted pedicle screw placement: Analysis of 1,218 screws in 198 patients. *Spine J [Internet]*. 2014;14(8):1702–8. Available from: <http://dx.doi.org/10.1016/j.spinee.2014.03.044>
12. Du JP, Wang DH, Zhang J, Fan Y, Wu QN, Hao DJ. Accuracy of Pedicle Screw Insertion Among 3 Image-Guided Navigation Systems: Systematic Review and Meta-Analysis. *World Neurosurg [Internet]*. 2018;109:24–30. Available from: <http://dx.doi.org/10.1016/j.wneu.2017.07.154>

13. Kwan MK, Chiu CK, Gani SMA, Wei CCY. Accuracy and Safety of Pedicle Screw Placement in Adolescent Idiopathic Scoliosis Patients. *Spine (Phila Pa 1976)*. 2017;42(5):326–35. Available from: <http://dx.doi.org/10.1097/BRS.0000000000001738>

14. Chiu CK, Chan CYW, Kwan MK. The accuracy and safety of fluoroscopic-guided percutaneous pedicle screws in the thoracic and lumbosacral spine in the Asian population: A CT scan analysis of 1002 screws. *J Orthop Surg*. 2017;25(2):1–8. Available from: <http://dx.doi.org/10.1177/2309499017713938>

ANEXOS

FIGURA 1. Imagen de tomografía simple con tornillo transpedicular.



Se muestra la clasificación de Gertzbein en imágenes de tomografía simple con tornillos transpediculares, con cortes axiales (arriba) y cortes coronales (abajo). A: Gertzbein 0, ambos tornillos completamente dentro del pedículo. B: Gertzbein 1, tornillo izquierdo con invasión menos de 2mm de la cortical del pedículo (invasión leve). C: Gertzbein 2, tornillo derecho con invasión entre 2-4mm (invasión moderada). D: Gertzbein 3, tornillo izquierdo con invasión mayor a 4mm (invasión severa).

TABLA 1. Frecuencia de tornillos transpediculares por nivel anatómico instrumentado y su clasificación de Gertzbein.

	Gertzbein 0	Gertzbein 1	Gertzbein 2	Gertzbein 3	TOTAL
L1	9	3	0	0	12
L2	8	3	1	0	12
L3	21	16	4	3	44
L4	52	31	11	4	98
L5	67	22	4	3	96
S1	44	6	4	1	55
Total	201(63.4%)	81(25.55%)	24(7.57%)	11(3.47%)	317

L1: primera vértebra lumbar, L2, segunda vértebra lumbar, L3 tercera vértebra lumbar,
L4, cuarta

	Gertzbein 0	Gertzbein 1	Gertzbein 2	Gertzbein 3	TOTAL	
Sin complicaciones	201(100%)	79(97.5%)	21(87.5%)	7(63.6%)	308(97.2%)	vértebra lumbar, S1
Con complicaciones	0 (0%)	2(2.5%)	3(12.5%)	4(36.4%)	9(2.8%)	primera vértebra
TOTAL	210 (100%)	81(100%)	24(100%)	11(100%)	317 (100%)	

sacra.

TABLA 2. Frecuencia de complicaciones de acuerdo a la escala de Gertzbein.