

Aplicación de tornillos transpediculares en la columna torácica: Descripción de la zona de seguridad según los hallazgos anatómicos en la población colombiana

Dr. Cnel. Fernando Torres Romero*, Dr. Cristian Alberto Rojas Herrera**, Dr. Leonardo José Jaimes Sepúlveda***, Dr. Fernando Alvarado Gómez***, Dr. Osmar Corona Núñez****, Dr. Gabriel Fernando Fletscher Covalada*****

* Ortopedista traumatólogo. Especialista en Cirugía de Columna Vertebral, Pelvis y Acetábulo, Universidad Militar Nueva Granada. Jefe del Servicio de Ortopedia y Traumatología, Hospital Militar Central, Bogotá, Colombia.

** Ortopedista traumatólogo, Universidad Nacional de Colombia, Bogotá, Colombia.

*** Ortopedista traumatólogo. Especialista en Cirugía de Columna Vertebral, Pelvis y Acetábulo, Universidad Militar Nueva Granada. Servicio de Ortopedia y Traumatología, Hospital Militar Central, Bogotá, Colombia.

**** Ortopedista traumatólogo. Especialista en Entrenamiento, Programa de Especialización en Cirugía de Columna Vertebral, Pelvis y Acetábulo, Universidad Militar Nueva Granada. Servicio de Ortopedia y Traumatología, Hospital Militar Central, Bogotá, Colombia.

***** Residente de tercer año de Ortopedia y Traumatología, Universidad Nacional de Colombia. Servicio de Ortopedia y Traumatología, Hospital El Tunal, Bogotá, Colombia.

Correspondencia:

Dr. Cnel. Fernando Torres Romero
Cra. 8 n.º 49-25 Cons. 707, Bogotá, Colombia.
Tel. (571) 2872679
fernandotorresromero@yahoo.es

Fecha de recepción: 28 de mayo de 2012

Fecha de aprobación: 28 de septiembre de 2012

Resumen

Introducción: Desde la introducción de los tornillos pediculares se ha realizado la descripción de múltiples técnicas para la colocación de los mismos, buscando un adecuado posicionamiento del implante y disminuyendo los riesgos inherentes a la aplicación de los mismos. Este trabajo describe las características anatómicas de los pedículos torácicos en una muestra cadavérica, se describen los beneficios y riesgos inherentes al uso de los tornillos pediculares en la columna torácica y se realiza la descripción de una zona de seguridad para la aplicación de tornillos pediculares a “mano alzada” (*free hand technique*).

Materiales y métodos: Se realizó una disección cadavérica en humanos, aislando 92 pedículos torácicos desde T4 hasta T12. Se describió la altura, el ancho y la longitud de los pedículos. Cada vértebra fue removida de su localización anatómica, previa colocación de tornillos pediculares en los segmentos torácicos, evaluando su posición a nivel del pedículo y su orientación.

Resultados: La orientación y la forma de los pedículos variaron de acuerdo a la localización anatómica. Se encontraron longitudes promedio de 10,7 mm; el diámetro cefalocaudal promedio fue de 7,5 mm y el diámetro transversal, de 5 mm. Para la técnica a “mano alzada” los cambios cuantificables propios del segmento torácico son importantes para la correcta instrumentación con tornillos pediculares.

Discusión: Un adecuado conocimiento de la anatomía pedicular torácica minimiza los riesgos inherentes a la técnica quirúrgica. Mediante los hallazgos descritos se propone la descripción de la zona de seguridad para la colocación de los tornillos traspediculares a nivel de la columna torácica en la población colombiana.

Palabras clave: Tornillos óseos, fijadores internos, vértebras torácicas, fusión vertebral, instrumentación, cadáver.

Nivel de evidencia: IV

[Rev Col Or Tra 2013; 27(1): 32-7]

Abstract

Introduction: After the introduction of the pedicle screws had been made, several techniques were described for placing them looking for a suitable and reproducible positioning of the implant, in order to consequently reduce the inherent risks in their application. This article describes the anatomical features of the thoracic pedicles in cadaveric sample. It also describes the benefits and risks involved in the use of pedicle screws along the thoracic spine, and furthermore a safety zone for placing pedicle screws by using the so called “freehand technique”.

Methods: Cadaveric dissection was performed in 92 isolated human thoracic pedicles from T4 to T12. Main objective was to perform a detailed description of height, width and length, of the pedicle according to their laterality and level. Each vertebra and soft tissues in association with the pedicle were removed from their anatomical location. We performed a pedicle screw placement in all thoracic segments studied, by evaluating pedicle level, position and orientation of the screws.

Results: There is variation in the orientation and shape of the pedicles according to anatomical location when analyzing both length and diameter of the pedicle. We found average lengths of 10.7 mm, with 7.5 mm cephalocaudal diameter and transverse diameter of 5 mm. Regarding the freehand technique, typical measurable changes of thoracic segment are important for proper pedicle screw instrumentation.

Discussion: An adequate knowledge of thoracic pedicle anatomy minimizes the risks inherent to a surgical technique. A description of a proposed safety zone for freehand placement of transpedicular screws in thoracic spine levels in Colombian population is included here in.

Key words: Bone screws, internal fixators, thoracic vertebrae, spinal fusion, instrumentation, cadaver.

Evidence level: IV

[*Rev Col Or Tra* 2013; 27(1): 32-7]

Introducción

Entre las técnicas de instrumentación posterior de la columna se encuentran los tornillos pediculares, los cuales son reconocidos por su estabilidad en comparación con otros sistemas. Boucher en los años 50 introdujo los tornillos pediculares en la columna vertebral (1), los cuales fueron popularizados por Roy-Camille en los años 60 (2). Aunque se reconocen ampliamente los beneficios que presenta este tipo de instrumentación frente a otras más tradicionales en la columna torácica, al momento no existe una distribución amplia de esta técnica dado el temor de que pueda existir una lesión neurológica irreversible que con otros elementos quirúrgicos puede no presentarse (3).

Existen diversos métodos para la aplicación adecuada de los tornillos pediculares: la técnica a mano alzada (*free hand placement*) (4), la técnica apoyada en radiografías convencionales intraoperatorias (5), la técnica con fluoroscopia intraoperatoria para cada tornillo (5), así como técnicas de fijación solo torácica como la descrita por Suk y colaboradores. Todas estas comparten características comunes que buscan disminuir los errores en la posición del tornillo.

Se ha descrito que en las mejores manos de cirujanos de columna los tornillos pueden encontrarse fuera de posición en el 20 % a 30 % del total de los implantes colocados. Al realizarse una revisión de la literatura se encuentran largas cohortes, estudios descriptivos, que revisan al azar la posición de los tornillos, en las que aunque hay implantes fuera de

su posición ideal no hay complicación clínica. Existen unos límites para considerar que un tornillo puede estar en una posición aceptable y que no requiere reposicionamiento ni revisión (6): 1) Tornillo dentro del canal pedicular completamente (posicionamiento ideal); 2) Tornillo en el cual uno de los pasos de rosca se encuentra en una pared lateral pero el tornillo persiste en el pedículo; 3) Tornillos que se encuentran comprometiendo 2 mm de cualquiera de las paredes laterales, y 4) Tornillos que se encuentran dentro de la unidad pedículo-costilla (tornillo afuera adentro). De acuerdo con esta información se desarrolló una clasificación para la evaluación del posicionamiento de los tornillos pediculares en la columna torácica, con base en estudios imaginológicos con tomografía axial computarizada:

Tipo I: Posicionamiento en términos aceptables (lo descrito anteriormente).

Tipo II: Todos los tornillos fuera del posicionamiento del tipo I, sin ninguna complicación neurológica o vascular.

Tipo III: Posicionamiento viciado. Incluye el posicionamiento de los tornillos con complicaciones neurovasculares, con lesión documentada de estructuras vitales secundaria al tornillo.

La invasión del implante en el canal, llamada invasión volumétrica espinal, es medida de acuerdo con la longitud en milímetros que se encuentra ocupando el tornillo en el canal. La máxima invasión estudiada es del 100 % del volumen de un

tornillo de 5,5 mm, tomándose en cuenta el espacio ocupado por el implante y el espacio que puede existir entre el tornillo y la pared medial pedicular. Exista o no este espacio, se ha llamado al área donde existe invasión la zona de sombra del tornillo. Un tornillo con posicionamiento perfecto en el pedículo no presenta ocupación de volumen del canal espinal, siendo aceptable hasta una intromisión de 2 mm a partir de la pared medial del pedículo (7). Los ganchos laminares y facetarios siempre presentan invasión en términos del volumen del canal, con publicaciones que describen déficit neurológico debido al gancho (8). La aplicación de ganchos en la columna vertebral, desde la introducción de la instrumentación Cotrel-Dubosset, ha demostrado su eficiencia en casos como la escoliosis idiopática. La instrumentación con tornillos pediculares ha ganado popularidad a medida que se pregona su seguridad en la integridad del paciente y en la corrección de deformidades evitando recidivas posquirúrgicas. Aunque los tornillos pediculares pueden presentar invasión del canal, traducida como invasión al volumen espinal, los análisis comparativos hacen que al existir tornillos bien posicionados se disminuyan los riesgos intraoperatorios neurológicos que sí pueden existir con ganchos laminares torácicos instrumentados de manera impecable, esto debido a que siempre existirá ocupación del implante en el canal medular.

De acuerdo a la teoría propuesta por Dennis (9), el uso de tornillos pediculares supera biomecánicamente a otras técnicas para la fijación posterior de la columna al involucrar los tres pilares de la columna vertebral, a diferencia de otras técnicas de fijación como son los alambres laminares y los ganchos pediculares, facetarios y laminares, los cuales solo incluyen el pilar posterior. Posterior a la introducción de los tornillos pediculares por Boucher se han descrito múltiples técnicas para la colocación de los mismos buscando un adecuado posicionamiento del implante y una disminución de los riesgos inherentes a su aplicación (10). Sin embargo, estos estudios han sido adelantados en población europea y anglosajona, las cuales difieren de la población colombiana. Los objetivos de este trabajo son describir las características anatómicas de los pedículos vertebrales torácicos en la población colombiana mediante disección cadavérica, reportar los hallazgos anatómicos posteriores a la colocación de tornillos pediculares en los segmentos analizados y describir una zona de seguridad para la aplicación de los mismos mediante la técnica a mano alzada.

Materiales y métodos

Se realizó un estudio observacional descriptivo, mediante disección cadavérica, en el Instituto Nacional de Medicina

Legal y Ciencias Forenses de la ciudad de Bogotá, de acuerdo al protocolo institucional, cumpliendo con lo establecido en la Resolución 008430 de 1993 del Ministerio de Salud de la República de Colombia para este tipo de estudios.

Se realizó la disección de 6 cadáveres no identificados de personas entre 22 y 59 años de edad, todos hombres. Los criterios de inclusión fueron cadáveres de personas mayores de 18 años y menores de 60 años con integridad de la columna vertebral y que se encuentren disponibles para la disección, previa autorización del instituto. Se excluyeron los cadáveres con patologías de columna previas encontradas durante la disección.

Todos los cadáveres se sometieron al mismo protocolo de disección. Se puso el cadáver en posición de decúbito prono y se colocaron campos quirúrgicos en la región torácica (11). Posteriormente, se realizó una incisión de piel, tejido celular subcutáneo y fascia con bisturí. Se realizó disección roma de la musculatura paravertebral hasta las apófisis transversas, con identificación de estructuras óseas (apófisis espinosas, apófisis transversas, facetas y borde externo de las facetas), posterior a lo cual se realizaron osteotomías del borde superior de las facetas en la columna torácica y se ubicó el punto de entrada del punzón iniciador teniendo como referencia el centro de la faceta: 3 mm distal y 2 mm hacia lateral. Se colocó el punzón iniciador, se perforó con lezna con inclinación de 10 grados hacia medial y en dirección cefálica o caudal según la vértebra y se palpó el túnel óseo con palpador con verificación intraósea. Se procedió a la colocación del tornillo transpedicular en las vértebras torácicas. Para verificar la colocación de los tornillos se realizaron laminectomías de las vértebras torácicas y se extrajo el espécimen con sierra neumática. Mediante visualización directa se verificó el posicionamiento de los tornillos transpediculares tanto en la parte externa de la vértebra como en el canal intramedular. Luego, se realizaron osteotomías de cada una de las vértebras para la medición de los pedículos. Se evaluó longitud, altura, diámetro en el plano transversal, diámetro en el plano cefalocaudal. Luego, se colocaron nuevamente las estructuras dentro del cadáver y se realizó el cierre del mismo (figura 1).

Para el registro de la información se diseñó una tabla en la que figuraban las diferentes variables y el registro fotográfico de las disecciones realizadas. El procesamiento de la información se realizó mediante el programa Microsoft Excel 2010.

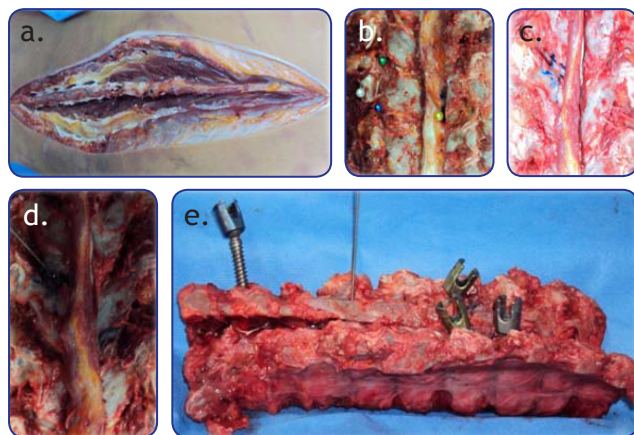


Figura 1. a) Diseción roma de la musculatura paravertebral hasta las apófisis transversas con identificación de las estructuras óseas. b) Marcación de las estructuras anatómicas. Se observan las apófisis espinosas (amarillo), las apófisis transversas (verde), las facetes (azul) y el borde externo de las facetes (blanco). c) Marcación de las facetes en la columna torácica. d) Palpación del túnel óseo. e) Extracción del espécimen con sierra neumática.

Resultados

Se realizaron disecciones en 6 cadáveres para un total de 92 pedículos vertebrales torácicos. En promedio la edad de los cadáveres fue de 48 años con un intervalo entre 34 y 62 años, todos de sexo masculino, sin deformidades previas o lesiones en la columna torácica. Se realizó disección por planos, tomando reparos anatómicos básicos para la localización de las estructuras vasculonerviosas. En cada tornillo se aplicó el protocolo de disección diseñado para el presente estudio. Se evaluaron por niveles desde la vértebra T4 hasta la vértebra T12, tomando mediciones en tres planos: diámetro transversal, diámetro cefalocaudal y longitud del pedículo. Los resultados evidencian que la estructura tridimensional del pedículo no es cilíndrica sino que tiene una zona posterior o zona de entrada esférica y una disminución del diámetro a nivel de la unión entre el pedículo y el cuerpo vertebral, obteniendo una figura no uniforme que debe tenerse en cuenta en el momento de la colocación de los tornillos pediculares torácicos.

En promedio se evaluaron 5 vértebras (10 pedículos) de cada nivel torácico; no se observaron diferencias marcadas en la longitud y diámetros de los pedículos (figura 2). Se encontraron longitudes promedio de 10,7 mm; el diámetro cefalocaudal promedio fue de 7,5 mm y el diámetro transversal, de 5 mm. Tampoco se encontraron diferencias en las medidas con respecto al pedículo contralateral.

Posterior a la colocación de los tornillos pediculares multiaxiales de 5,0 x 40 mm y de 5,0 x 35 mm, se verificó

su posición en las piezas anatómicas. Se encontró en un 20 % (18 pedículos) rupturas de la cortical lateral y en un 10 % (9 pedículos), ruptura de la cortical medial, con predominio en niveles superiores a T8. Las rupturas de la cortical medial fueron más frecuentes a nivel de T7. Se encontró ruptura total del pedículo en 4 casos (4,3 %) a nivel de T4 y T5; sin embargo, se asoció el hallazgo a que la longitud y diámetro de los tornillos era mayor a lo habitual para la columna torácica.

Al evaluar la posición mediante los reparos anatómicos utilizados, se encontró que ninguno de los tornillos se hallaba en una posición inaceptable según la clasificación propuesta por Upendra. Del total de tornillos colocados, el 90 % de los tornillos pediculares al revisar el espécimen cadavérico se encontraron en una posición aceptable.

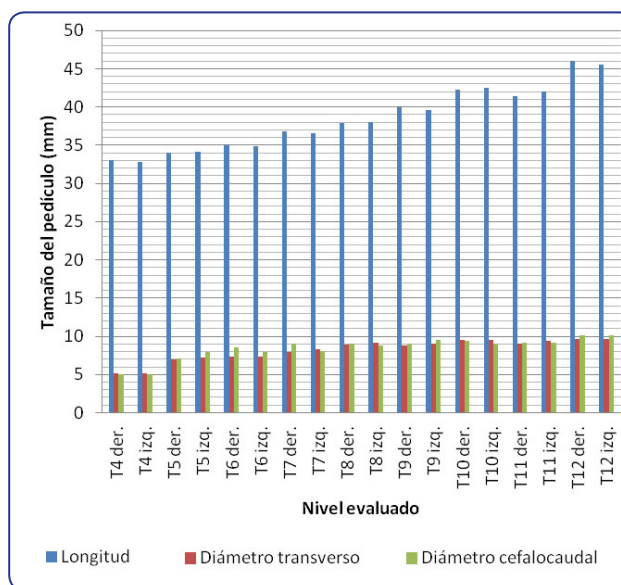


Figura 2. Medidas promedio de los pedículos según el nivel evaluado.

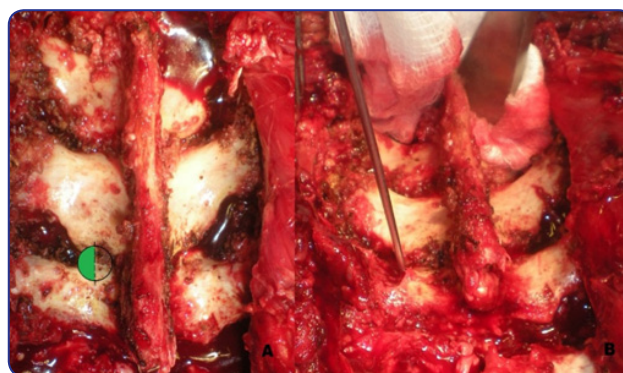


Figura 3. a) Zona segura para la aplicación de tornillos pediculares en la columna torácica. b) Verificación mediante palpador del túnel óseo a nivel del pedículo (técnica a mano alzada).

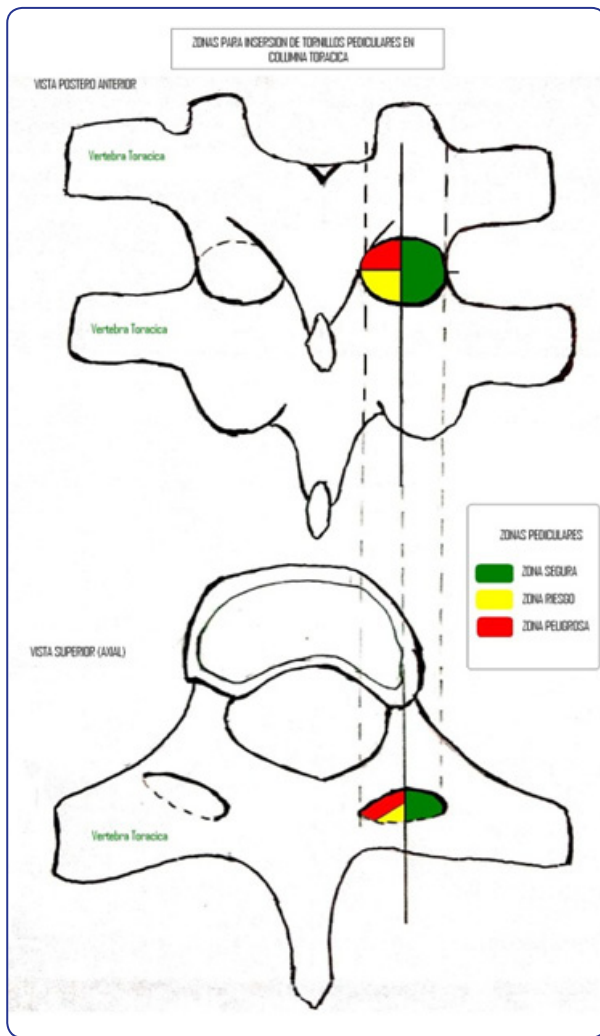


Figura 4. Zonas pediculares.

Discusión

Aunque es amplia la difusión de la instrumentación posterior con ganchos, los tornillos pediculares han ganado su propio espacio en la última década, demostrando las ventajas comparativas frente a otros sistemas, así como su seguridad. La fijación de columna tradicional desarrollada por Cotrel-Dubosset, basada en ganchos, ingresa al canal medular entrando en contacto directo con el saco dural, lo cual disminuye su diámetro. En 1995 aparecen las primeras publicaciones acerca de la instrumentación de la región torácica con tornillos pediculares (12) y progresivamente han venido ganando popularidad a nivel mundial dadas sus ventajas biomecánicas con respecto a otros sistemas de fijación, por lo que han venido aumentando sus indicaciones. Dado el riesgo de la técnica, la mayor exigencia

quirúrgica por la anatomía particular de la columna torácica y las potenciales complicaciones descritas —ya sean neurológicas, por el posible desplazamiento intracanal del tornillo al violentar la pared medial del pedículo, o respiratorias y vasculares, por las estructuras vecinas— aún no existe aceptación por algunos cirujanos de columna para su uso en procedimientos usuales tales como correcciones escolióticas y cifóticas a pesar de que existen múltiples publicaciones que respaldan su uso.

En la muestra correspondiente a la población colombiana se encontró que la forma pedicular no es cilíndrica, similar a lo reportado por Panjabi (13), quien realiza por medio de tomografía axial computarizada de columna la evaluación de la forma pedicular encontrando asimetría entre la región anterior y posterior del pedículo, describiendo formas pediculares en riñón o gotas de lágrima. Los tamaños encontrados en la muestra son similares a lo reportado en la literatura publicada (14-17).

En cuanto a la zona de seguridad para la aplicación de tornillos pediculares en la columna torácica, existen en la literatura 52 técnicas distintas para la aplicación de los tornillos pediculares a este nivel. La técnica a mano alzada para la colocación de tornillos pediculares en la columna torácica, la cual ofrece al cirujano la posibilidad de realizar una instrumentación segura disminuyendo la irradiación, depende sobre todo de la habilidad del cirujano y del conocimiento adecuado de la anatomía de la región. Como se ha descrito ampliamente, los tornillos aplicados con adecuada técnica dejan el implante completamente aislado de las estructuras nobles circundantes, sin ocupación alguna del canal, sin contacto de ningún tipo con la fijación, teniendo en cuenta que no siempre el compromiso de las paredes pediculares indica mala posición. Suk evalúa en su trabajo muestras de población de pacientes más extensas para definir la posición de los tornillos pediculares. Reporta un 10 % de mala ubicación de los tornillos, con un caso de lesión neurológica resuelto en 3 semanas y un caso de ruptura de la duramadre tratado con cera ósea, sin reparación directa.

En la experiencia descrita, teniendo en cuenta los reparos anatómicos utilizados, es posible definir una zona de seguridad para la colocación de los tornillos pediculares sin encontrar ninguna complicación secundaria a la mala posición del implante (figura 3). Al realizar las diferentes disecciones se encontró que la forma anatómica de las facetas articulares así como la disposición de las apófisis espinosas hacen que la lámina vertebral pueda ser disecada de forma eficiente, sin grandes espacios cubiertos de ligamento amarillo, además de la exposición de las apófisis transversas, esenciales para el adecuado posicionamiento de los tornillos.

Encontrar el punto de entrada juega un papel preponderante. Para ello es necesario ubicar de forma adecuada el lugar de apertura del pedículo. Al dividir en cuatro cuadrantes el área pedicular se pueden definir tres zonas en las cuales es posible la colocación del tornillo teniendo en cuenta el nivel torácico para definir la altura dentro del pedículo para iniciar la inserción (figura 4). Estas zonas permiten dividir el pedículo en: 1) una zona segura, en la cual el riesgo de lesión asociada es mínima, correspondiente a los cuadrantes superior e inferior externos (en nuestra experiencia menor al 5 % y en los hallazgos anatómicos en cadáveres ausente); 2) una zona peligrosa, en la cual la invasión del canal es inevitable, equivalente al cuadrante superior interno, y 3) una zona en riesgo, en la cual según la convergencia dada al tornillo existe la posibilidad de invasión del canal medular, correspondiente al cuadrante inferior interno. Por lo tanto, se recomienda tener en cuenta la zona segura para la inserción de los tornillos pediculares en la región torácica.

El ortopedista cirujano de columna que considere dentro de su práctica habitual los tornillos torácicos debe familiarizarse tanto con la anatomía vertebral como con las estructuras nobles adyacentes. El planeamiento quirúrgico basado en imágenes diagnósticas como radiografías convencionales y TAC dan información sobre la anatomía pedicular de cada segmento involucrado. Es amplia la información existente acerca de la aplicación de tornillos pediculares torácicos y su seguridad. Aunque se infiera una supuesta mayor seguridad ofrecida por implantes tradicionales, como los ganchos, cualquier instrumentación presenta un potencial riesgo. Con una adecuada técnica quirúrgica los tornillos ofrecen mayores ventajas biomecánicas y menos invasión del canal que los ganchos. Se recomienda para la aplicación de los tornillos pediculares la utilización de las referencias anatómicas descritas y el reconocimiento de la zona de seguridad previo a la perforación

del pedículo, teniendo en cuenta la convergencia y altura en relación con la apófisis transversa según el nivel vertebral.

Referencias bibliográficas

1. Boucher HH. A method of spinal fusion. *J Bone Joint Surg Br* 1959; 41: 248.
2. Roy-Camille R. Internal fixation of the lumbar spine with pedicle screw plating. *Clin Orthop Relat Res* 1986; 203: 7.
3. Suk SI, Kim WJ. Thoracic pedicle screw fixation in spinal deformities: are they really safe? *Spine* 2001; 26: 2049-57.
4. Kim YJ, Lenke LG, Brinwell KH. Free hand pedicle screw placement in the thoracic spine: it is safe? *Spine* 2004; 29: 333-42.
5. Kee D. Image-guided thoracic pedicle screw placement: a technical study in cadavers and preliminary clinical experience. *Neurosurg Focus* 2001; 10(2): 1-5.
6. Upendra B, Meena D. Outcome-based classification for assessment of thoracic pedicular screw placement. *Spine* 2008; 33: 384-90.
7. Polly DW, Potter BK. Volumetric spinal canal intrusion: a comparison between thoracic pedicle screw and thoracic hooks. *Spine* 2004; 29: 63-9.
8. Been HD. Neurologic injury after insertion of laminar hooks during Cotrel Dubosset instrumentation. *Spine* 1994; 19: 1402.
9. Denis F. The three column spine and its significance in the classification of acute thoracolumbar spinal injuries. *Spine* 1983; 8: 817.
10. Kosmopoulos V. Pedicle screw placement accuracy. A meta-analysis. *Spine* 2007; 32: E111.
11. Matta J, González M. Pasos a seguir para el montaje de cirugía de columna toracolumbar por abordaje posterior. Protocolo de manejo, Hospital Militar Central; 1995.
12. Suk SI, Lee CK. Segmental pedicle screw fixation in the treatment of thoracic idiopathic scoliosis. *Spine* 1995; 20: 1399.
13. Panjabi MM, O'Holleran JD. Complexity of the thoracic spine pedicle anatomy. *Eur spine* 1997; 6: 19-24.
14. Belmont PJ, Klemme WR, Dhawan A. In vivo accuracy of thoracic pedicle screws. *Spine* 2001; 26: 2340-6.
15. Hitesh N, Modi M. Accuracy of thoracic pedicle screw using ideal pedicle entry point in severe scoliosis. *Clin Orthop Relat Res* 2010; 448: 1830-7.
16. Cinotti G, Gumina S. Pedicle instrumentation in the thoracic spine: a morphometric and cadaveric study for placement of screws. *Spine* 1999; 24: 654.
17. Watanabe K, Lenke L. A novel pedicle channel classification describing osseous anatomy. *Spine* 2010: 1836-42.