

Artículo original

Análisis morfométrico de los pedículos cervicales en una población mexicana

Vargas-Mena R,* Dufoo-Olvera M,** García-López OF,*** López-Palacios JJ,***
Aburto-Trejo JA,*** Carranco-Toledo GA****

Hospital General La Villa, Secretaría de Salud del Distrito Federal

RESUMEN. *Antecedentes:* El conocimiento de la anatomía morfométrica de los pedículos cervicales es esencial para una colocación segura y precisa de tornillos transpediculares en la instrumentación de la columna cervical. Se ha considerado una práctica segura la colocación de tornillos en las vértebras lumbares y torácicas, no así en las cervicales por los riesgos que conlleva. Existen pocos reportes de esta técnica. La escasa información disponible está dada en poblaciones disímiles a la mexicana. Conocer las mediciones de cada vértebra cervical nos permitirá la adecuada orientación y selección de tornillos al momento de su colocación. *Métodos:* Estudio prospectivo, transversal, descriptivo, en sujetos que acudieron a consulta externa y urgencias. Se incluyeron a quienes fue solicitada TAC de columna cervical como parte del protocolo de estudio, entre Abril 1 de 2010 a Octubre 31 de 2010. Se realizó un estudio anatómico morfométrico, obteniéndose mediante el software del TAC. En un corte sagital: a) Ángulo sagital y b) Diámetro sagital. En un corte axial: a) Distancia de trabajo, b) Ángulo transverso y c) Diámetro transverso. *Resultados:* Se obtuvieron cifras de media, desviación estándar y rango y valores mínimos y máximos para cada segmento de C2 a C7. *Conclusiones e importancia clínica:* Es primordial una planificación preoperatoria adecuada antes de una instrumentación transpedicular cervical para lograr mayor precisión al momento de la colocación

ABSTRACT. *Background:* Knowledge of the morphometric anatomy of cervical pedicles is essential for the safe and accurate placement of pedicle screws during instrumentation of the cervical spine. Screw placement in the lumbar and thoracic vertebrae is considered as a safe practice, unlike the cervical vertebrae due to the risks involved. There are few reports on this technique. The little available information comes from populations different from the Mexican population. Knowing the measurements of each cervical vertebra will provide proper screw orientation and selection at the time of screw placement. *Methods:* Prospective, cross-sectional, descriptive study in subjects who presented at the outpatient and emergency services. Patient's in whom a CAT scan of the cervical spine was ordered as part of the work-up protocol, from April 1st 2010 to October 31st 2010, were included. A morphometric anatomic study was undertaken using the CAT software. In a sagittal view: a) Sagittal angle, b) Sagittal diameter. In an axial view: a) Work distance, b) Cross-sectional angle and c) Cross-sectional diameter. *Results:* The following measurements were obtained for each segment from C2 to C7: mean, standard deviation, range and minimal and maximal values. *Conclusions and clinical relevance:* Appropriate preoperative planning prior to cervical transpedicular instrumentation is essential to achieve greater accuracy during screw placement. The informa-

Nivel de evidencia: IV (Act Ortop Mex, 2011)

* Cirujano de Columna Vertebral. Ex-Residente del Centro de Atención a Lesionados Raquímedulares de la Ciudad de México (CALRM).

** Jefe del CALRM.

*** Médicos adscritos al CALRM.

**** Jefe de Servicio de Rehabilitación del CALRM.

Dirección para correspondencia:

Dr. Rodrigo Vargas Mena

Calle 36 Núm. 428 x33 y 35 Col. Jesús Carranza. Mérida, Yucatán. C.P. 97109

E-mail: rodrigovargasmena@hotmail.com

Este artículo puede ser consultado en versión completa en <http://www.medigraphic.com/actaortopedica>

de tornillos. Con base en la información obtenida se puede llevar a la práctica el procedimiento, lo que permita difundir un reporte basado en la experiencia de nuestro centro, compartiendo con la comunidad médica nuestra técnica.

Palabras clave: anatomía, vértebra, morfología, población, México.

tion obtained allows performing the procedure. As a result of this, a report based on our center's experience may be disseminated thus sharing our technique with the medical community.

Key words: anatomy, vertebra, morphology, population, Mexico.

Introducción

El conocimiento de la anatomía morfométrica de los pedículos cervicales es esencial para una colocación segura y precisa de los tornillos transpediculares para la instrumentación de la columna cervical.

Se ha considerado una práctica segura la colocación de tornillos transpediculares en las vértebras lumbares y torácicas, no así en las vértebras cervicales.

La fijación pedicular se considera biomecánicamente superior a las instrumentaciones con alambrados, tornillos a las masas laterales y a las configuraciones con barras y ganchos. Es necesario un conocimiento óptimo de la anatomía y morfometría de los pedículos cervicales para la colocación adecuada de tornillos pediculares cervicales.¹

Se ha demostrado con resultados clínicos que la fijación pedicular cervical presenta una mejor estabilización, pero debido al mayor riesgo de lesiones neurovasculares durante la inserción de los tornillos existen pocos reportes clínicos de esta técnica.²

La mayor estabilidad que ofrece la colocación de tornillos pediculares en la columna cervical puede explicarse debido a la mayor interfaz tornillo–hueso por el trayecto más largo dentro del pedículo y el cuerpo vertebral.³

La aplicación clínica de la fijación pedicular en la columna cervical es técnicamente demandante y recibe un uso limitado. Se encuentran estructuras críticas en la cercanía y existe una variación importante en la morfometría de los pedículos cervicales.⁴

Rampersaud y cols. reportan que para la columna cervical subaxial, la unión cervicotorácica y la columna torácica alta existe un error traslacional máximo permisible de menos de 1 mm y un error rotacional menor a 5°.

Las tasas de perforación pedicular cuando se utilizan tornillos, incluyendo las críticas y no críticas, se encuentran en rangos entre 25 a 87.5% dependiendo de la serie.⁵

Karaikovic y cols. encontraron 17% de perforaciones pediculares con la técnica del embudo; Kasegawa y cols. encontraron complicaciones en 17.2% de los pacientes realizando primero descompresión y luego colocación de los tornillos y Ludwig y cols. reportaron falla de 24% con una técnica asistida por navegación.⁶

Es difícil definir el ancho crítico al cual la tasa de posicionamiento incorrecto de los tornillos se vuelve inacep-

tablemente alta. Se han reportado perforaciones críticas en pedículos de hasta 6 mm de diámetro.⁷

Se ha reportado que la incidencia de perforaciones pediculares es más baja en C2 y más alta en C4; la siguiente más alta se observa en C7.

La arteria vertebral no ocupa la totalidad del área del foramen transverso, por lo que los tornillos pediculares que perforan lateralmente no necesariamente lesionarán dicha estructura.

La tasa de complicaciones neurovasculares por inserción de tornillos en pedículos cervicales se reportó de 1.7% de los pacientes y 0.4% de los tornillos insertados en otra serie. Éstas pueden ser minimizadas con suficientes imágenes preoperatorias de los pedículos.⁸

Material y métodos

Se trata de un estudio prospectivo, transversal y descriptivo, realizado en pacientes mayores de 18 años de edad, que acudieron a atención médica de la consulta externa y de urgencias.

La muestra se determinó por conveniencia, incluyendo a todos los pacientes a quienes fue solicitada TAC de columna cervical como parte de su protocolo de estudio, durante el período comprendido entre el día 1º de Abril de 2010 al 31 de Octubre de 2010.

Se realizó un estudio anatómico-morfométrico con cortes axiales y sagitales con un equipo de tomografía axial computarizada marca PHILIPS BRILLIANCE de 16 cortes, obteniéndose mediante el software del equipo las siguientes mediciones de C2 a C7:

En un corte sagital:

- Ángulo sagital. Angulación del eje sagital del pedículo y el borde superior del cuerpo vertebral.⁹
- Diámetro sagital (altura del pedículo). Diámetro supero-inferior del istmo del pedículo en su porción más estrecha (*Figura 1*).

En un corte axial:

- Distancia de trabajo. Distancia del punto de entrada del pedículo a la cortical vertebral anterior.

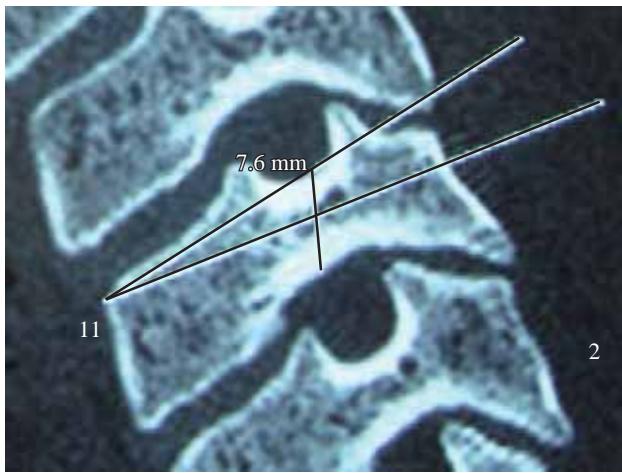


Figura 1. Mediciones en el corte sagital.

- Ángulo transverso. Angulación del eje del pedículo con respecto a la línea media sagital.
- Diámetro transverso (ancho del pedículo). Diámetro mediolateral del istmo del pedículo en su porción más estrecha (Figura 2).

Las mediciones fueron realizadas por personal del Departamento de Radiología del Hospital, utilizando el sistema de visualización para imágenes MxLite View DICOM Viewer de Philips, versión 1.24.00 y la interpretación de los estudios estuvo a cargo del Médico Radiólogo Jefe del Servicio. Se registraron todos los datos en una hoja de cálculo.

Criterios de inclusión

1. Pacientes de uno u otro género.
2. Pacientes mayores de 18 años.
3. Que acudan al Departamento de Radiodiagnóstico para realización de TAC de columna cervical como parte de su protocolo diagnóstico por patología traumática o no traumática.

Criterios de exclusión

1. Pacientes con patología previa de columna cervical de cualquier etiología.
2. Pacientes en quienes esté contraindicada la realización de TAC.

Criterios de eliminación

1. Pacientes sin antecedentes de patología vertebral en quienes se encuentren anormalidades anatómicas en los pedículos de la columna cervical.
2. Pacientes en quienes no se obtengan cortes y mediciones adecuadas.
3. Pacientes en quienes no se obtengan imágenes completas de la columna cervical de C2 a C7.

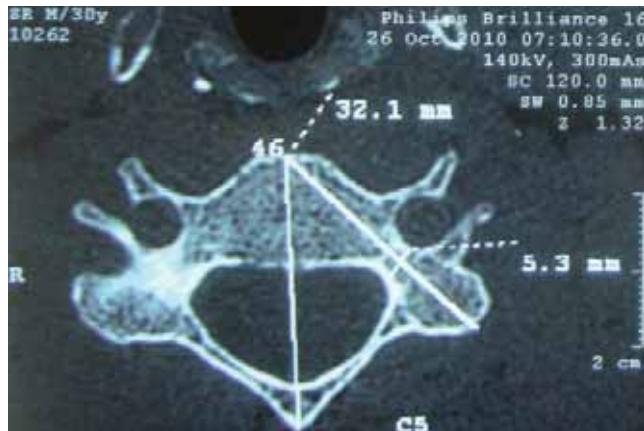


Figura 2. Mediciones en el corte axial.

4. Pacientes que presenten cualquier fractura de C2 a C7.

Todos los datos recabados se concentraron en una hoja de cálculo con paquetería de programa estadístico, obteniéndose cifras de: media, desviación estándar y rango, así como valores mínimos y máximo para cada segmento vertebral de C2 a C7.

Resultados

Se obtuvieron imágenes de tomografía axial computarizada de 34 pacientes que acudieron a la consulta externa y al Servicio de Urgencias con diversos diagnósticos de presunción y en quienes se descartó patología ósea. Se registraron únicamente los estudios en los que se contó con imágenes completas de toda la columna cervical con los cortes adecuados, estudiándose 204 vértebras.

Se excluyeron 2 pacientes, uno con cambios artrósicos importantes que impedían una correcta visualización de las estructuras y por consiguiente su medición y otro paciente con pedículos hipoplásicos en C2, sin antecedente de ninguna malformación o patología agregada.

En cuanto al ángulo transverso se obtuvieron valores de media y desviación estándar; para C2 de 43.96° ($\pm 2.35^\circ$), con un valor mínimo de 40 y un máximo de 49, con un rango de 9° . Para C3 fue de 42.11° ($\pm 2.46^\circ$), con un mínimo de 38 y un máximo de 47.3, con un rango de 9.3° . Para C4 fue de 44.79° ($\pm 2.63^\circ$), con un mínimo de 41.2 y un máximo de 50.6, con un rango de 9.4° . Para C5 fue de 44.77° ($\pm 1.87^\circ$), con un mínimo de 42.1 y un máximo de 48.7, con un rango de 6.6° . Para C6 fue de 42.40° ($\pm 1.89^\circ$), con un mínimo de 38.8 y un máximo de 45.6, con un rango de 6.8° . Para C7 fue de 38.02° ($\pm 2.46^\circ$), con un mínimo de 32 y un máximo de 40.9, con un rango de 8.9° (Gráfica 1).

La medición de la distancia de trabajo arrojó valores de media y desviación estándar: para C2 de 29.13 mm (± 1.03 mm), con un valor mínimo de 27.1 y un valor máximo de 30.9, con un rango de 3.8 mm. Para C3 fue de 32.05 mm (± 2.2 mm), con un mínimo de 28.8 y un máximo de 37.4, con

un rango de 8.6 mm. Para C4 fue de 31.39 mm (± 1.39 mm), con un mínimo de 29 y un máximo de 34, con un rango de 5 mm. Para C5 fue de 32.55 mm (± 1.71 mm), con un mínimo de 28.7 y un máximo de 36.7, con un rango de 8 mm. Para C6 fue de 33.19 mm (± 1.52 mm), con un mínimo de 30.1 y un máximo de 37.3, con un rango de 7.2 mm. Para C7 fue de 35.12 mm (± 2.2 mm), con un mínimo de 29.1 y un máximo de 38, con un rango de 8.9 mm (*Gráfica 2*).

Los valores de diámetro transverso, en media y desviación estándar fueron: para C2 de 4.9 mm (± 0.41 mm), con un valor mínimo de 4 y un máximo de 5.9, con un rango de 1.9 mm. Para C3 fue de 4.27 mm (± 0.49 mm), con un mínimo de 3.3 y un máximo de 5.1, con un rango de 1.8 mm. Para C4 fue de 4.33 mm (± 0.37 mm), con un mínimo de 3.6 y un máximo de 5.1, con un rango de 1.4 mm. Para C5 fue de 5.03 mm (± 0.49 mm), con un mínimo de 4.1 y un máximo de 5.9, con un rango de 1.8 mm. Para C6 fue de 5.42 mm (± 0.38 mm), con un mínimo de 4.6 y un máximo de 6.2, con un rango de 1.6 mm. Para C7 fue de 6.27 mm (± 0.54 mm), con un mínimo de 5.1 y un máximo de 7.1, con un rango de 2 mm (*Gráfica 3*).

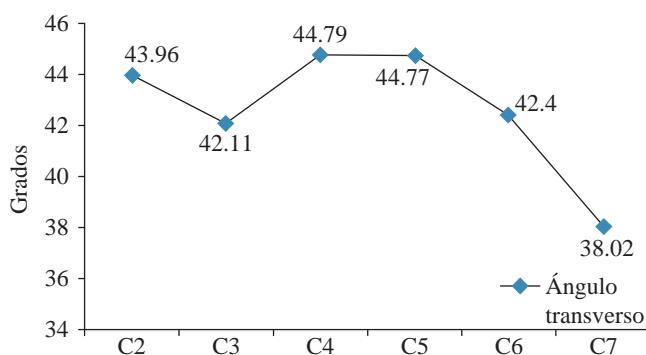
Del ángulo sagital se obtuvieron cifras de media y desviación estándar, para C2 de 22.25° ($\pm 1.74^\circ$), con un valor mínimo de 18.9 y un máximo de 25.1, con un rango de 6.2° . Para C3 fue de 11.87° ($\pm 0.96^\circ$), con un mínimo de 10.2 y un máximo de 13.9, con un rango de 3.5° . Para C4 fue de 12.12° ($\pm 1.04^\circ$), con un mínimo de 10.1 y un máximo de 13.9, con un rango de 3.8° . Para C5 fue de 11.03° ($\pm 1.38^\circ$),

con un mínimo de 8.5 y un máximo de 14, con un rango de 5.5° . Para C6 fue de 10.38° ($\pm 1.37^\circ$), con un mínimo de 7 y un máximo de 12.4, con un rango de 5.4° . Para C7 fue de 13.08° ($\pm 1.15^\circ$), con un mínimo de 11.3 y un máximo de 15.4, con un rango de 4.1° (*Gráfica 4*).

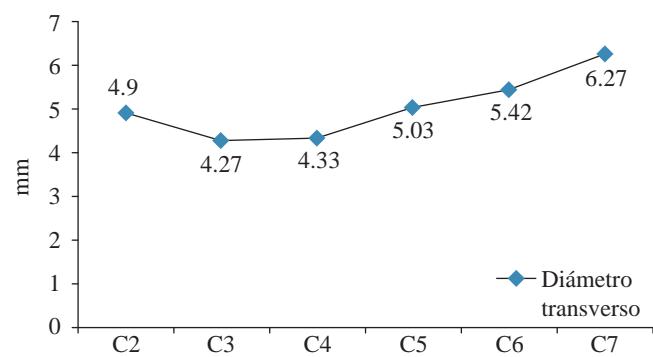
Los valores de media y desviación estándar del diámetro sagital para C2 fueron de 9.26 mm (± 1.08 mm), con un valor mínimo de 6.2 y un máximo de 11, con un rango de 4.8 mm. Para C3 fue de 6.33 mm (± 0.65 mm), con un mínimo de 5.7 y un máximo de 7.8, con un rango de 2.1 mm. Para C4 fue de 6.8 mm (± 0.69 mm), con un mínimo de 5.9 y un máximo de 8.1, con un rango de 2.2 mm. Para C5 fue de 5.58 mm (± 0.36 mm), con un mínimo de 4.9 y un máximo de 6.2, con un rango de 1.2 mm. Para C6 fue de 6.11 mm (± 0.34 mm), con un mínimo de 5.5 y un máximo de 6.7, con un rango de 1.2 mm. Para C7 fue de 6.19 mm (± 0.7 mm), con un mínimo de 4.9 y un máximo de 7.3, con un rango de 2.4 mm (*Gráfica 5*).

Discusión

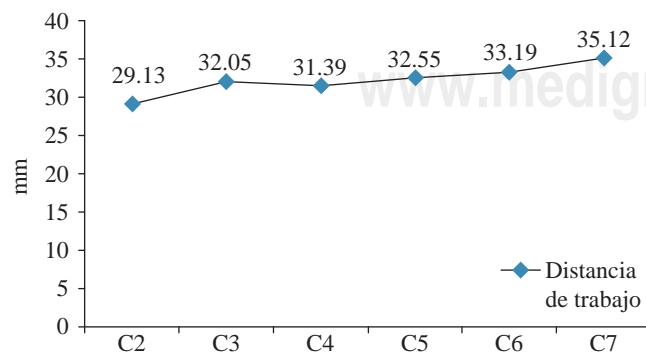
Se obtuvieron 34 pacientes y se midieron 204 vértebras, lo cual nos da una muestra mayor que los reportes de Karaikovic y cols. (10 cadáveres, 60 vértebras),⁷ Pai y cols. (30 cadáveres, vértebras torácicas),¹⁰ Ebraheim y cols. (160 vértebras de 40 cadáveres),¹ Bozbuga y cols. (29 cadáveres, 145 vértebras),¹¹ Datir y cols. (18 cadáveres, vértebras torácicas),¹² McLain y cols. (18 cadá-



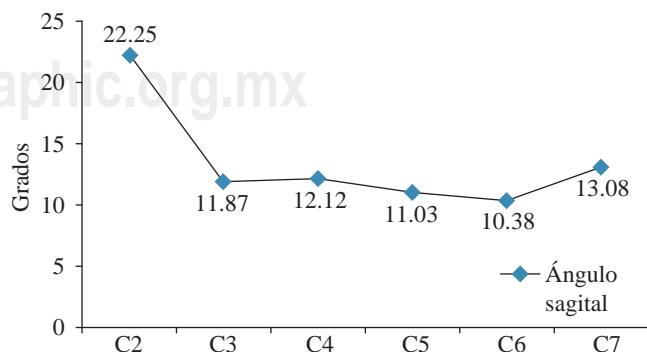
Gráfica 1. Media de los valores del ángulo transverso.



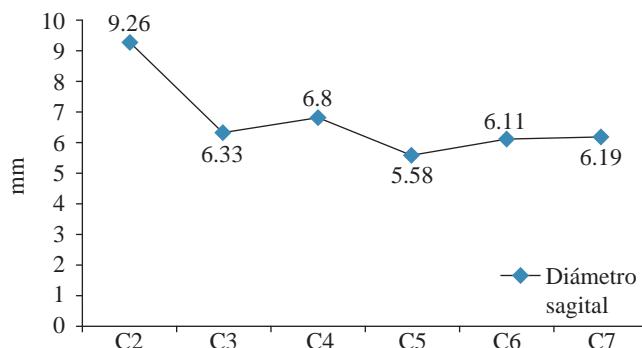
Gráfica 3. Media de los valores de diámetro transverso.



Gráfica 2. Media de los valores de la distancia de trabajo.



Gráfica 4. Media de los valores del ángulo sagital.



Gráfica 5. Media de los valores de diámetro sagital.

veres, vértebras torácicas),¹³ Ludwig y cols. (14 cadáveres),¹⁴ Kim y cols. (10 cadáveres),¹⁵ y Sakamoto y cols. (30 pacientes, 150 vértebras).¹⁶ El estudio más numeroso encontrado es otro por Karaikovic y cols. que midió 53 cadáveres.

Con los valores obtenidos para todas las vértebras estudiadas en las mediciones realizadas, observamos que para la colocación de tornillos pediculares en los segmentos cervicales, es necesario dar una convergencia a los tornillos en el plano sagital con respecto a la línea media, en promedio 43.9° para C2, 42.1° para C3, 44.7° para C4, 44.7° para C5, 42.4° para C6 y 38° para C7. Es necesario inclinar hacia craneal o hacia caudal el tornillo, en el plano axial o transverso, 22.2° para C2, 11.8° para C3, 12.1° para C4, 11° para C5, 10.3° para C6 y 13° para C7.

En cuanto a los tornillos que pueden ser colocados con seguridad en la columna cervical, la longitud máxima de éstos en C2 es en promedio de 29.1 mm para C2, 32 mm para C3, 31.3 mm para C4, 32.5 mm para C5, 33.1 mm para C6 y 35.1 mm para C7. El diámetro máximo que puede ser utilizado en promedio para C2 es de 4.9 mm, para C3 de 4.2 mm, para C4 de 4.3 mm, para C5 de 5 mm, para C6 de 5.4 mm y para C7 de 6.2 mm.

El conocimiento de la anatomía de los pedículos cervicales de una población viva y sana en nuestro país nos da una idea cercana de las necesidades con respecto al material a utilizar y de las dificultades que pueden ser encontradas al momento de una instrumentación cervical posterior transpedicular.

La muestra obtenida en el presente estudio sobrepasa a la mayoría de los reportes encontrados de estudios similares, por lo que se puede confiar en la validez de los datos obtenidos.

Es primordial una planificación preoperatoria con imágenes adecuadas antes de intentar una instrumentación transpedicular en la columna cervical. El reducido margen de error con que se cuenta durante dicha instrumentación hace que sea obligatoria la mayor precisión posible a fin de no dañar estructuras sensibles y vitales que se encuentran en la cercanía de los pedículos.

Los tornillos que se utilizan en la columna cervical tienen diámetros que varían de 3.5 a 4.5 mm, lo cual nos permitiría

colocar tornillos de 4.0 mm para las vértebras C3 y C4 y para el resto de los segmentos, tornillos de 4.5 mm de diámetro en términos generales.

La colocación de los tornillos, ya sea transfacetarios o transpediculares, se hace a manos libres, confiando en la habilidad del cirujano y su buen pulso, a menos que se cuente con aparatos que permitan la navegación por computadora, los cuales, por su elevado costo, no son factibles de utilizar en nuestro medio. Debido a esto, es recomendable un conocimiento extenso de la anatomía quirúrgica de las vértebras cervicales y de la experiencia en la colocación de tornillos en la región con cualquier otra técnica descrita previamente. Por consiguiente, se requiere diseñar instrumental para la colocación de tornillos que permita mayor precisión en dicha tarea, lo cual puede verse facilitado al contar con los resultados de este estudio.

Con base en la información obtenida, se puede llevar a la práctica el procedimiento en cuestión, lo que permite difundir un reporte de casos basado en la experiencia de nuestro centro hospitalario, compartiendo con la comunidad médica nuestra técnica empleada.

Bibliografía

1. Ebraheim N, Xu R, Knight T, Yeasting R: Morphometric evaluation of lower cervical pedicle and its projection. *Spine* 1997; 22: 1-6.
2. Hasegawa K, Hirano T, Shimoda H, Homma T, Morita O: Indications for cervical pedicle screw instrumentation in nontraumatic lesions. *Spine* 2008; 33: 2284-9.
3. Kothe R, Rüther W, Schneider E, Linke B: Biomechanical analysis of transpedicular screw fixation in the subaxial cervical spine. *Spine* 2004; 29: 1869-75.
4. Kowalski J, Ludwig S, Hutton W, Heller J: Cervical spine pedicle screws. A biomechanical comparison of two insertion techniques. *Spine* 2000; 25: 2865-7.
5. Kramer DL, Ludwig SC, Balderston RA, et al: Placement of pedicle screws in the cervical spine: Comparative accuracy of cervical pedicle screw placement using three techniques. *Orthop Trans* 1997; 21: 484.
6. Hasegawa K, Hirano T, Shimoda H, Homma T, Morita O: Indications for cervical pedicle screw instrumentation in nontraumatic lesions. *Spine* 2008; 33: 2284-9.
7. Karaikovic E, Yingsakmongkol W, Gaines R: Accuracy of cervical pedicle screw placement using the funnel technique. *Spine* 2001; 26: 2456-62.
8. Abumi K, Yasuhiro S, Ito M, Taneichi H, et al: Complications of pedicle screw fixation in reconstructive surgery of the cervical spine. *Spine* 2000; 25: 962-9.
9. Olsewski JM, Simmons EH, Kallen FC, et al: Morphometry of the lumbar spine: anatomical perspectives related to transpedicular fixation. *J Bone Joint Surg Am* 1990; 72: 541-9.
10. Pai BS, Gangadharan, Nirmala S, Muralimohan S, Varsha SM: Morphometric analysis of the thoracic pedicle: An anatomic-radiological study. *Neurol India* 2010; 58: 253-8.
11. Bozbuga M, Ozturk A, Ari Z, et al: Morphometric evaluation of subaxial cervical vertebrae for surgical application of transpedicular screw fixation. *Spine* 2004; 29: 1876-80.
12. Datur S, Mitra S: Morphometric study of the thoracic vertebral pedicle in an Indian population. *Spine* 2004; 29: 1174-81.
13. McLain R, Ferrara L, Kabins M: Pedicle morphometry in the upper thoracic spine—Limits to safe screw placement in older patients. *Spine* 2002; 27: 2467-71.
14. Ludwig S, Kramer D, Balderston R, Vaccaro A, et al: Placement of pedicle screws in the human cadaveric cervical spine. Comparative accuracy of three techniques. *Spine* 2000; 25: 1655-67.

15. Kim HS, Heller J, Hudgins P, Fountain J: The accuracy of computed tomography in assessing cervical pedicle screw placement. *Spine* 2003; 21: 2441-6.
16. Sakamoto T, Neo M, Nakamura T: Transpedicular screw placement evaluated by axial computed tomography of the cervical pedicle. *Spine* 2004; 29: 2510-4.
17. Rampersaud R, Simon D, Foley K: Accuracy Requirements for Image-Guided spinal pedicle screw placement. *Spine* 2001; 26: 352-9.
18. Karaikovic E, Daubs M, Madsen R, Gaines R: Morphologic characteristics of human cervical pedicles. *Spine* 1997; 22: 493-500.