



Uso de fluoroscopia intraoperatoria para la colocación segura de los tornillos transpediculares en C2 en proyección anteroposterior

Use of intraoperative fluoroscopy for the safe placement of pedicle screws in C2 in anteroposterior projection

Mario Alberto García Medina,* José Tovar López,* Juan Manuel Martínez Guardiola*

*Hospital General de Querétaro, Querétaro, México.

Resumen

Introducción: La inestabilidad atlantoaxial puede ser resultado de trauma, infección, artrosis o malformaciones y con frecuencia requiere de fijación quirúrgica. Debido a la proximidad de la médula espinal, lo delgado de los pedículos de C2 y las variantes anatómicas de las arterias vertebrales, la estabilización del complejo atlantoaxial es considerado como un reto quirúrgico. **Objetivo:** Describir una técnica quirúrgica segura de colocación de tornillos transpediculares en C2 guiado por fluoroscopia en proyección anteroposterior. **Material y métodos:** Serie de casos de pacientes con traumatismo raquímedular y procesos degenerativos de columna cervical, que requirieron la colocación de tornillos transpediculares en C2, en el Hospital General de Querétaro, con edades mayores a 16 años. Se utilizó la clasificación prequirúrgica por tomografía computarizada de Rex AW Marco y la de Sang-Hun Lee para calcular el diámetro del pedículo y clasificar el tipo de arteria vertebral intraaxial y así determinar el riesgo de lesión a estructuras nerviosas-vasculares. La colocación del tornillo transpedicular a C2 se realizó utilizando la técnica con fluoroscopia transoperatoria en proyección anteroposterior. A todos los pacientes se les realizó estudio tomográfico postquirúrgico y se utilizó la clasificación por grados de Masashi Neo en la colocación del tornillo transpedicular en C2. **Resultados:** Un total de 15 casos; dos mujeres y 13 hombres, siete con diagnóstico de traumatismo raquímedular y ocho con enfermedad degenerativa de la columna cervical, edad media de 60 años. Se instrumentaron 28 pedículos de C2: 14 pedículos de riesgo bajo, 12 con riesgo moderado y dos con riesgo alto. Se utilizó la clasificación por grados de Masashi Neo en el estudio tomográfico postquirúrgico para evaluar la posición de los tornillos transpediculares en C2. De 28 pedículos instrumentados, la posición tomográfica postquirúrgica fue de 28 en el grado 0. **Conclusión:** Con el uso de la fluoroscopia en proyección anteroposterior podemos identificar la trayectoria transquirúrgica del tornillo transpedicular en C2, identificando la zona segura de su colocación.

Palabras clave: Tornillos transpediculares a C2, estabilización posterior, columna cervical superior, complejo atlantoaxial, técnica de fijación a C2.

Abstract

Introduction: Atlanto-axial instability can result from trauma, infection, atrosis, or malformations and often require surgical fixation. Due to the proximity of the spinal cord, the thinness of the C2 pedicles, and the anatomical variants of the vertebral arteries, stabilization of the atlanto-axial complex is considered a surgical challenge. **Objective:** Description of a safe surgical technique for the placement of transpedicular screws in C2 guided by fluoroscopy in antero-posterior projection. **Material and methods:** Case series of patients with spinal cord trauma and degenerative processes of the cervical spine, which required the placement of transpedicular screws in C2, at the General Hospital of Querétaro, ages over 16 years. The presurgical classification by computed tomography of Rex AW Marco and that of Sang-Hun Lee were used to calculate the pedicle diameter and classify the type of intra-axial vertebral artery and thus determine the risk of injury to nerve-vascular structures. The placement of the transpedicular screw to C2 was performed using the intraoperative fluoroscopy technique in anteroposterior projection. All patients underwent a postsurgical tomographic study and the Masashi Neo grade classification of the placement of the transpedicular screw in C2 was used. **Results:** A total of 15 cases; 2 women and 13 men with a diagnosis of 7 with spinal cord trauma and 8 with degenerative disease of the cervical spine, mean age 60 years. 28 pedicles of C2 were instrumented.

Correspondencia:

Mario Alberto García Medina

E-mail: drmarioneurocirujano@gmail.com

Recibido: 08-10-2021. Aceptado: 03-11-2021.

Citar como: García MMA, Tovar LJ, Martínez GJM. Uso de fluoroscopia intraoperatoria para la colocación segura de los tornillos transpediculares en C2 en proyección anteroposterior. Orthotips. 2022; 18 (2): 121-126. <https://dx.doi.org/10.35366/105501>

*Fourteen low-risk pedicles, 12 moderate-risk, and 2 high-risk pedicles were instrumented. The Masashi Neo grade classification in the post-surgical tomographic study to evaluate the position of the transpedicular screws in C2. Of 28 instrumented pedicles, the postsurgical tomographic position was (28) grade 0. **Conclusion:** With the use of fluoroscopy in anteroposterior projection, we can identify the trans-surgical trajectory of the transpedicular screw in C2, identifying the safe area for its placement.*

Keywords: C2 transpedicular screws, posterior stabilization, upper cervical spine, atlanto-axial complex, C2 fixation technique.

Introducción

La inestabilidad atlantoaxial puede ser resultado del traumatismo, infección, artrosis o malformaciones y con frecuencia requiere de fijación quirúrgica. Debido a la proximidad de la médula espinal, lo delgado de los pedículos de C2 y las variantes anatómicas de las arterias vertebrales, la estabilización del complejo atlantoaxial es considerado como un reto quirúrgico.¹⁻⁷

Se ha descrito la colocación segura de los tornillos transpediculares en C2 guiada por fluoroscopia, neuronavegación y por técnica de manos libres usando los puntos de referencia.⁸ Varios puntos de entrada, ángulos y trayectorias son mencionados en la literatura para estos tornillos y puede utilizarse como una guía imprecisa, ya que la anatomía de C1-C2 es variable.^{6,7} La fluoroscopia biplanar se considera difícil de realizar debido a los problemas en la proyección anteroposterior resultado de la fijación craneal.⁹

Marco y cols. realizaron el análisis radiográfico mediante tomografía computarizada de dos dimensiones en cortes de 2 mm en proyección sagital. Identificaron el corte del foramen de la arteria vertebral, determinaron tres tipos de tamaño de pedículos y el riesgo de lesión vascular (bajo, medio y alto) en la instrumentación transpedicular de C2 en relación al diámetro del mismo. Davidson y cols. mencionan que un radio pedicular de 5 mm medido en la tomografía con cortes de 2.5 mm provee una zona segura de colocación para los tornillos de 3.5 mm.⁹⁻¹¹ Lee y cols. hablan del concepto de cabalgamiento de la arteria vertebral, dividiendo la arteria vertebral intraaxial en tres tipos en relación al foramen de la arteria vertebral y el desplazamiento superomedial de la misma. En su escrito determinaron la trayectoria del tornillo transpedicular en su plano coronal-sagital y el riesgo de lesión vascular en relación al tipo de arteria vertebral intraaxial. La trayectoria y la entrada al pedículo de C2 no están bien definidas por la gran variedad anatómica de la arteria vertebral. Sai Kiran y su equipo indican que el cuadrante superomedial del pedículo de C2 se considera la zona segura para la instrumentación transpedicular, ya que la arteria

vertebral intraaxial se encuentra inferior y lateral al pedículo de C2.^{4,6,11,12}

Neo y cols. describieron la clasificación por grados en el estudio tomográfico postquirúrgico para evaluar la posición adecuada o malposición de los tornillos transpediculares cervicales en el corte axial.¹³ En comparaciones recientes de la técnica de Harms con la técnica de Magerl, la mayor complicación fue la lesión de la arteria vertebral 2.1 y 13.1%, respectivamente.^{4,5,14} Patkar y colaboradores reportaron 8% de violación de los pedículos en la hendidura de la arteria vertebral de C2, en la presencia de cabalgamiento de la arteria vertebral.¹⁴ En el estudio con especímenes cadavéricos realizado por Helgeston y cols., utilizaron la técnica de manos libres, con una tasa de exactitud de 93.8%.¹⁵ Davidson y cols. mencionan que 20% tienen alteración anatómica del pedículo de C2, lo que imposibilita la instrumentación transpedicular (60% unilateral y 40% bilateral), siendo más frecuente las variantes anatómicas en el sexo femenino en 41%, mientras que en el masculino es de 21%.^{3-5,10-12,15}

Material y métodos

Serie de casos de pacientes con traumatismo raquimedular y procesos degenerativos de columna cervical que requirieron la colocación de tornillos transpediculares en C2, con edades mayores a 16 años. Fueron recabados los expedientes clínicos y radiológicos.

Valoración radiológica

Se realizó estudio tomográfico simple de columna cervical en todos los pacientes. Se analizó la tomografía computarizada en dos dimensiones como lo describieron Marco y cols., en proyección sagital. Se utilizó la clasificación tomográfica de Lee y cols. para clasificar los tres tipos de la arteria vertebral intraaxial y determinar el riesgo bajo, medio o alto de lesión vascular. Además, se usó la clasificación por grados de Neo y cols. en el estudio tomográfico postquirúrgico para evaluar la posición de los tornillos transpediculares en C2.

Técnica quirúrgica

Posicionamos al paciente en decúbito prono, manteniendo la posición de la cabeza con la dona quirúrgica. Mantenemos la boca abierta colocando gasas para mantener los dientes fuera de la proyección anteroposterior de C2. El tubo endotraqueal se pegó a la comisura labial y se deprimió el mismo contra la lengua para así evitar que se proyecte el alma de acero sobre la zona de entrada al pedículo. Se realizó abordaje cervical posterior convencional y la exposición de los elementos vertebrales posteriores de C2, liberando adecuadamente las carillas articulares de la unión atlantoaxial y C2-C3. Bajo la guía fluoroscópica en proyección anteroposterior localizamos la zona de entrada al pedículo (Figura 1). Esta zona de entrada se encuentra formado por dos paredes, un piso y un techo que corresponden a las siguientes estructuras anatómicas: la pared lateral se encuentra formada por la pared medial del foramen transverso de la arteria vertebral, el piso está formado por la carilla articular inferior de C2, la pared medial está formada por la lámina de C2 y el techo está formado por la carilla articular superior de C2.

Después, localizamos el punto de entrada dividiendo en cuatro partes la imagen fluoroscópica circular, siendo el punto de entrada el cuadrante inferolateral (Figura 2). Se realiza decorticación con *drill* eléctrico con broca de 2 mm. Se introduce la broca manual de 3.5 mm y longitud de 18 mm, dirigiendo del cuadrante inferolateral hacia el cuadrante superomedial, siempre por debajo de la carilla articular superior hacia la base de la odontoides. Colocamos el tornillo transpedicular de diámetro de 3.5 mm y longitud promedio de 26

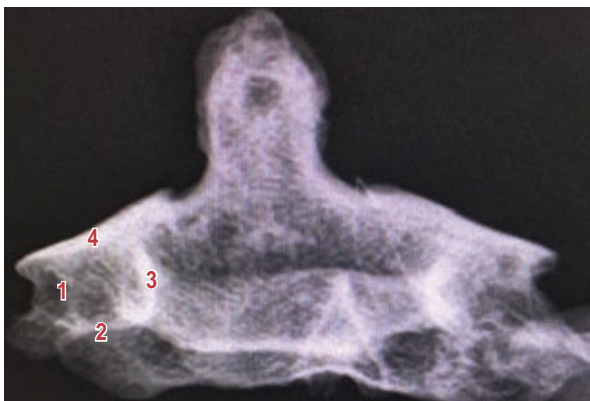


Figura 1: Imagen radiográfica de C2 en proyección anteroposterior.



Figura 2: Punto de entrada al pedículo y trayectoria transpedicular de C2.

mm en la misma dirección descrita, observando que la punta del tornillo siempre toque o pase el borde medial de la zona de entrada.

Un punto que consideramos importante es que el tornillo no debe pasar la porción medial de la carilla articular superior por riesgo de perforar la cortical anterior del cuerpo vertebral y lesionar estructuras anteriores (Figura 3). Recomendamos realizar el estudio tomográfico de control en el mismo día de la cirugía y evaluar la posición de su tornillo (Figura 4).

Resultados

Un total de 15 casos, dos mujeres y 13 hombres, siete con diagnóstico de traumatismo raquímedular y ocho con enfermedad degenerativa de la columna cervical, edad media de 60 años. Se instrumentaron 28 pedículos de C2. Se analizó la tomografía computarizada prequirúrgica en dos dimensiones como lo describieron Marco y cols., en proyección sagital. Se clasificó el riesgo de lesión de la arteria vertebral para la instrumentación transpedicular de C2: riesgo bajo en 14 pedículos, 12 con riesgo moderado y dos con riesgo alto.

Se utilizó la clasificación de Lee y cols. para determinar el tipo de arteria vertebral intraaxial: tipo A-0; 7 arterias vertebrales (AV) derechas, 7 AV izquierdas, tipo B-1; 6 AV derechas, 6 AV izquierdas, tipo C-2; 3 AV derechas y 1 AV izquierda. A todos los pacientes se les realizó estudios tomográficos de columna cervical simple postquirúrgica para evaluar la posición de los tornillos transpediculares en C2 y se utilizó la clasificación por grados de Neo y cols. De 28 pedículos instrumentados la posición tomográfica postquirúrgica fue de 28 en el grado 0.

Discusión

Tradicionalmente, la inestabilidad atlantoaxial se había tratado con alambrado sublaminar e injerto óseo estructural. Esta técnica no provee suficiente estabilización del complejo atlantoaxial, resultando en 30% de no unión, incluso con el uso de halo chaleco. Además, es necesario colocar el alambrado o cable dentro del canal espinal, con riesgo de lesión a la médula espinal. Esto es especialmente cierto cuando se encuentra una subluxación C1-C2 no reducida.^{11,12}

La técnica de instrumentación transarticular aumenta las tasas de fusión, pero requiere de reducción de C1-C2 antes de la colocación de los tornillos. La colocación adecuada de éstos para evitar la lesión a la arteria vertebral es técnicamente demandante. Para maximizar la estabilidad, la fijación transarticular tiene que ser combinada con la técnica de Gallie o la fusión de Brooks, esto incrementa el riesgo de lesión neural por el paso del cable al espacio del

canal.¹¹ La estabilización de la región atlantoaxial se puede realizar de forma individual en las masas laterales de C1 y los tornillos al pedículo de C2, puestos a través de la *pars interarticularis* o dentro del pedículo del axis.

La técnica de Harms y Melcher, para la colocación de los tornillos transpediculares, es guiada por los puntos anatómicos: el punto de entrada que describieron se localiza en el cuadrante craneal y medial del istmo de C2, la dirección de la punta es aproximadamente de 20-30 grados en una dirección convergente y cefálica, guiada directamente por la superficie superior y medial del istmo de C2 haciendo una proyección lateral con el fluoroscopio para identificar la posición del tornillo.¹¹ El tornillo en el pedículo de C2 provee el mejor método de control, inmovilización y estabilización para los procedimientos de reconstrucción de la columna que envuelven el segmento C1-C2.¹⁵ El método óptimo de colocación del tornillo en C2 se encuentra en punto de debate.

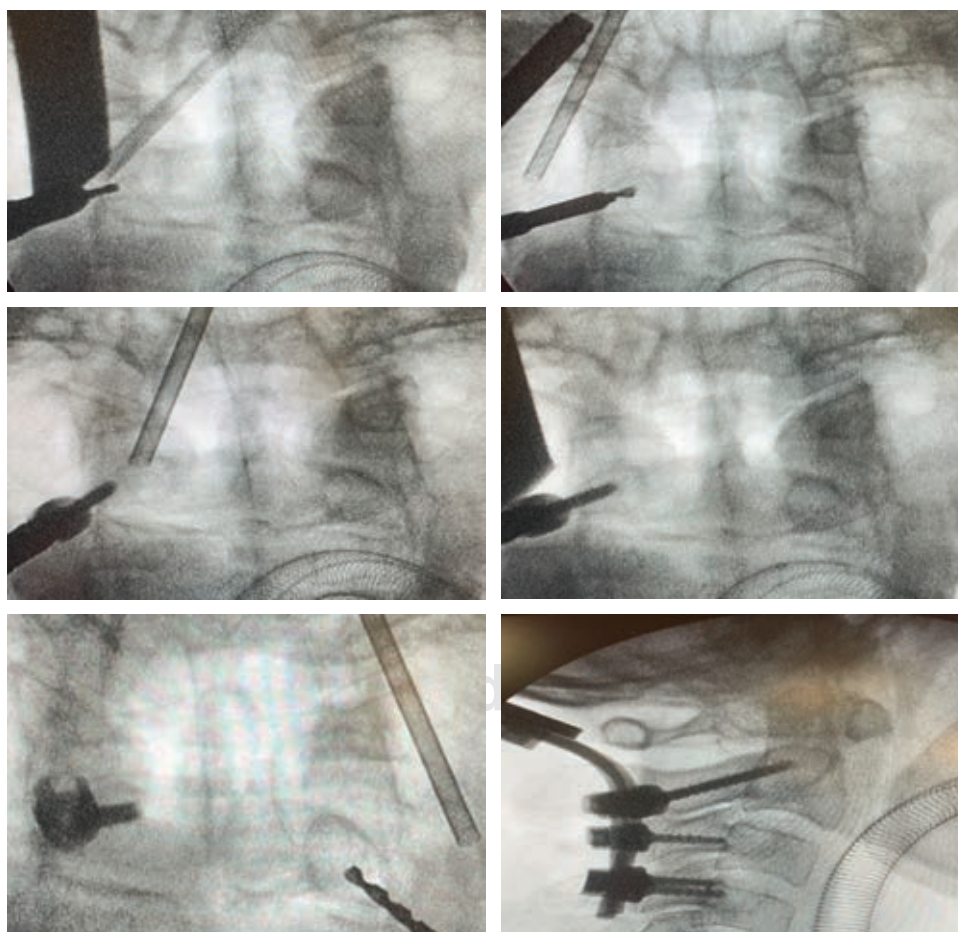


Figura 3:

Técnica secuencial de la colocación del tornillo transpedicular en C2 en proyección anteroposterior. Secuencia de izquierda a derecha y de arriba hacia abajo.

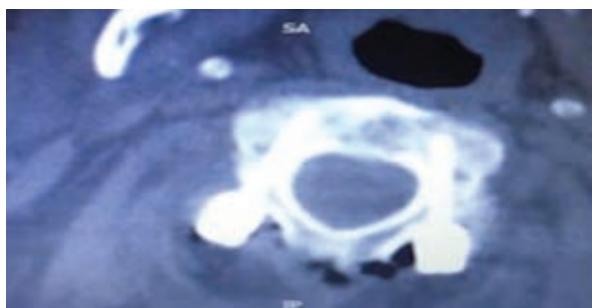


Figura 4: Tomográfico del corte axial en C2 postquirúrgica.

Por otra parte, las técnicas guiadas por imagen dan mayor exactitud en su colocación, pero se menciona que consumen tiempo y se vuelven un procedimiento difícil.¹⁵ Ondra SL y cols. describieron la colocación de los tornillos en el pedículo de C2: utilizan la palpación directa del mismo en el aspecto medial a la lámina, siendo ésta su orientación coronal y los controles radiográficos mediante fluoroscopia en proyección lateral para su orientación sagital; reportaron 2.7% de complicaciones en la colocación de los tornillos transpediculares, siendo la salida de líquido cefalorraquídeo o sangre brillante el indicativo de mal posición.⁹ La fluoroscopia biplanar es difícil debido a los problemas en obtener imágenes en anteroposterior por el uso de fijación craneal.

La técnica de manos libres tiene sus dudas en relación a su seguridad y eficacia.¹⁵ La técnica de Goel-Harms se ha reportado en varios estudios. Se han descrito diferentes puntos de entrada para el pedículo de C2: craneal y en su cuadrante medial en la superficie del istmo, 5 mm rostral y 1 mm lateral a la parte medial inferior de la faceta articular de C2, 2-3 mm lateral y 2-3 mm superior al aspecto medial de la unión facetaria C2-C3, 2 mm lateral y 5 mm superior al aspecto medial del proceso articular inferior de C2, centro de la masa lateral, 4 mm lateral y 4 mm inferior de la línea laminar superior y del istmo. La angulación medial varía de 20 a 35 grados y la angulación superior de 15 a 30 grados. El cuadrante superomedial de C2 se considera la zona segura para la instrumentación transpedicular, ya que se encuentra alejado de la AV, el cual está localizada inferior y lateral al pedículo de C2.⁹ La disección del borde superomedial de la *pars* de C2 y el pedículo es el paso más importante para la colocación del tornillo transpedicular de C2 y la angulación medial es guiada por la dirección del borde. Mummaneni y cols. describen el punto de entrada: 5 mm lateral y de 1 mm lateral a la parte medial inferior

de la faceta articular de C2 y la angulación medial y superior la describen de 15 a 25 grados y 20 grados, respectivamente. Sai Kiran y cols. describen que la angulación exacta superior del tornillo transpedicular de C2 es basado por la proyección lateral fluoroscópica y la angulación medial es guiada por el margen superomedial de la *pars* y el pedículo. Observando la gran variedad anatómica de C2 y de la AV, los diferentes puntos de entrada y ángulos descritos en la literatura para la colocación del tornillo transpedicular de C2 puede ser consultada como una guía de referencia imprecisa.⁹ Utilizar la anatomía individual como una guía, así como la disección anatómica, nos permitirá la instrumentación segura cuando se compara con el algoritmo estricto de los puntos de entrada y dirección.¹⁵ El punto de entrada ideal, la trayectoria segura y la factibilidad anatómica de la colocación de estos tornillos en el paciente necesita ser determinada por la valoración preoperatoria en las imágenes tomográficas de forma cuidadosa.⁹

Marco y cols. analizaron en los estudios prequirúrgicos la tomografía computarizada en dos dimensiones, en cortes de 2 mm en proyección sagital identificaron el foramen de la arteria vertebral y describieron tres tipos de pedículos de acuerdo al riesgo (bajo, medio y alto) de lesión al colocar los tornillos transpediculares y así determinar el punto de entrada y dirección de éstos. Davidson y cols. mencionan que un radio pedicular de 5 mm medido con tomografía con cortes de 2.5 mm provee una zona segura de colocación para los tornillos de 3.5 mm.^{4,10,11,15} Otro punto importante en la planeación prequirúrgica, como lo describen Lee y cols., es el concepto de cabalgamiento de la arteria vertebral, donde la parte más prominente de la arteria vertebral intraaxial pasa cerca de la articulación atlantoaxial, mencionando que entre más cerca se encuentre la arteria vertebral de esta articulación, el pedículo disminuye su diámetro, teniendo un alto riesgo de lesión vascular en la colocación de los tornillos transpediculares.¹² Por esta razón, la trayectoria y la entrada al pedículo de C2 no está bien definida por la gran variedad anatómica de la arteria vertebral intraaxial. La planeación preoperatoria es la clave, no sólo en determinar la trayectoria, sino en el análisis individual de la anatomía del paciente.¹⁵

En nuestra técnica, la decisión de la instrumentación transpedicular en C2 va de la mano con la valoración prequirúrgica. Consideramos que los pedículos a instrumentar de C2 se encuentren en la clasificación de riesgo bajo y moderado de lesión a la arteria vertebral, los pedículos con riesgo alto se deben evitar y

considerar otra técnica de estabilización, ya que algunos pedículos tienen un diámetro menor a los tornillos utilizados para la instrumentación transpedicular.

Las complicaciones comparativas reportadas en la literatura con la técnica de Harms y de Magerl fue de 2.1 y 13.1%, respectivamente. Patkar reportó 8% de violación de los pedículos en la hendidura de C2 en presencia de cabalgamiento de la arteria vertebral.¹⁴ Helgeston y cols. reportaron en estudios con especímenes cadavéricos una tasa de exactitud de 93.8% en los tornillos transpediculares. La instrumentación guiada por fluoroscopia en proyección lateral ha reportado 2.7% de complicación, la neuronavegación reporta falla de 1 a 11%. Helgeston y cols., en su estudio cadavérico, mencionan una variedad anatómica de la arteria vertebral intraaxial de 22%. Burke y cols., en su estudio con tomografía computarizada, encontraron que 98% de los pedículos de C2 pueden tolerar tornillos de 3.5 mm. Davidson y cols. mencionan que 20% tienen alteración anatómica del pedículo de C2, lo que imposibilita la instrumentación transpedicular (60% unilateral y 40% bilateral), siendo más frecuentes las variantes anatómicas en el sexo femenino con 41%, mientras que en el masculino se encuentran en 21%, esto dificulta la colocación segura de los tornillos transpediculares a C2.

Consideramos que la proyección anteroposterior guiada por fluoroscopia es una técnica segura y fácil de reproducir, nos permite identificar la zona anatómica de entrada al pedículo, dirigir la trayectoria del tornillo de forma dinámica, en su angulación medial y superior de acuerdo con la anatomía particular del paciente al identificar los puntos de referencia de la zona de entrada para la instrumentación; esto nos ayuda a evitar lesiones inadvertidas de la médula espinal y de la arteria vertebral intraaxial.

Conclusión

En nuestra técnica la colocación del tornillo transpedicular en C2 es determinada de forma cuidadosa por la valoración preoperatoria de las imágenes tomográficas. La instrumentación guiada por la fluoroscopia intraoperatoria en proyección anteroposterior es una técnica segura y fácil de reproducir. Ésta nos permite identificar la zona y el punto de entrada al pedículo, la trayectoria dinámica de los tornillos en su ángulo medial y sagital de acuerdo con la anatomía particular de cada paciente y así evitar lesiones inadvertidas de la médula espinal y de la arteria vertebral intraaxial.

Referencias

1. Engler JA, Smith ML. Use of intraoperative fluoroscopy for the safe placement of c2 laminar screws: technical note. *Eur Spine J.* 2015; 24: 2771-2775.
2. Jacobs C, Roessler PP, Scheidt S, Plöger MM, Jacobs C, Disch AC, Schaser KD, Hartwig T. When does intraoperative 3D-imaging play a role in transpedicular C2 screw placement? *Injury.* 2017; 48 (11): 2522-2528.
3. Menendez JA, Wright NM. Techniques of posterior C1-C2 stabilization. *Neurosurgery.* 2007; 60: S103-111.
4. Burke LM, Yu WD, Ho A, Wagner T, O'Brien JR. Anatomical feasibility of C-2 pedicle screw fixation: the effect of variable angle interpolation of axial CT scans. *J Neurosurg Spine.* 2013; 18 (6): 564-567.
5. Harms J, Melcher RP. Posterior C1-C2 fusion with polyaxial screw and rod fixation. *Spine (Phila Pa 1976).* 2001; 26 (22): 2467-2471.
6. Sai Kiran NA, Sivaraju L, Vidyasagar K, Aryan S, Raj V, Rajagopal N, et al. Safety and accuracy of anatomic and lateral fluoroscopic-guided placement of C2 pars/pedicle screws and C1 lateral mass screws, and freehand placement of C2 laminar screws. *World Neurosurg.* 2018; 118: e304-e315.
7. Kepler CC, Fang T, Bronson WH, Russo GS, Schroeder GD. The C2 "Parsicle" screw: introduction of a novel posterior surgical technique for upper cervical fixation. *Clin Spine Surg.* 2020; 33 (4): 146-149.
8. Smith JD, Jack MM, Harn NR, Bertsch JR, Arnold PM. Screw placement accuracy and outcomes following o-arm-navigated atlantoaxial fusion: a feasibility study. *Global Spine J.* 2016; 6 (4): 344-349.
9. Ondra SL, Marzouk S, Ganju A, Morrison T, Koski T. Safety and efficacy of C2 pedicle screws placed with anatomic and lateral C-arm guidance. *Spine (Phila Pa 1976).* 2006; 31 (9): E263-267.
10. Marco RAW, Phelps CI, Kuo RC, Zhuge WU, Howard CW, Kushwaha VP, Bernstein DT. Radiologic analysis of c2 to predict safe placement of pedicle screws. *Int J Spine Surg.* 2018; 12 (1): 30-36.
11. Davidson CT, Bergin PF, Varney ET, Jones LC, Ward MS. Planning C2 pedicle screw placement with multiplanar reformatted cervical spine computed tomography. *J Craniovertebr Junction Spine.* 2019; 10 (1): 46-50.
12. Lee SH, Park DH, Kim SD, Huh DS, Kim KT. Analysis of 3-dimensional course of the intra-axial vertebral artery for C2 pedicle screw trajectory: a computed tomographic study. *Spine (Phila Pa 1976).* 2014; 39 (17): E1010- E1014.
13. Neo M, Sakamoto T, Fujibayashi S, Nakamura T. The clinical risk of vertebral artery injury from cervical pedicle screws inserted in degenerative vertebrae. *Spine (Phila Pa 1976).* 2005; 30 (24): 2800-2805.
14. Patkar SV. New entry point for C2 screw in posterior C1-C2 fixation (Goel-Harm's technique) significantly reducing the possibility of vertebral artery injury. *Neurol Res.* 2016; 38 (2): 93-97.
15. Helgeston MD, Lehman RA Jr, Dmitriev AE, Kang DG, Sasso RC, Tannoury C, Riew KD. Accuracy of the freehand technique for 3 fixation methods in the C-2 vertebrae. *Neurosurg Focus.* 2011; 31 (4): E11.

Conflicto de intereses

Los autores declaran no tener ningún conflicto de intereses en este trabajo.