

Caso clínico

Navegación O-arm en cirugía vertebral para casos complejos

Pescador D,* Rendón D,* Blanco J,** González R,*** Martín JM,* Cano-Gala C,* Pescador D****

Hospital Universitario de Salamanca

RESUMEN. La técnica asistida por navegación intraoperatoria ha evolucionado y cambiado la forma de abordar ciertos casos complejos en la patología vertebral. Las principales ventajas de esta técnica consisten en aumentar la precisión de la intervención, reducir su morbilidad y carácter invasivo, disminuir la dosis de exposición radiológica y mejorar los protocolos quirúrgicos. Además de la fijación transpedicular, el sistema de navegación es útil en una alta variedad de padecimientos, como la descompresión medular o la resección tumoral. En el presente estudio mostramos varios casos donde se ha usado la navegación intraoperatoria en diferentes patologías y sus resultados clínicos.

Palabras clave: Navegación, cirugía ortopédica asistida, navegación O-arm.

ABSTRACT. The intraoperative computer-assisted navigation technique has evolved and changed the way we approach certain complex cases in the vertebral pathologies. The main advantages of this technique are that it increases the accuracy of the procedure, reduces its morbidity and invasiveness, diminishes the radiation dose and improves surgical protocols. In addition to the transpedicular fixation, the navigation system is useful in a high variety of pathologies such as spinal decompression or tumor resection. In the present study, we show several cases where navigation is used intraoperatively in different pathologies and their clinical outcomes.

Key words: Navigation, assisted orthopedic surgery, O-arm navigation

Introducción

La fijación con tornillos transpediculares ha resultado desde hace años la técnica de elección para la estabilización vertebral. Desde que Harrington colocó por primera vez los tornillos pediculares a través del istmo, muchos son los estudios que avalan esta técnica como precisa y segura; no obstante, existen —en algunos casos complejos— altas tasas de complicaciones, que pueden ser mejoradas con el empleo de la navegación vertebral.^{1,2}

La tecnología de cirugía asistida por ordenador aumenta la precisión de la intervención, reduce su morbilidad y carácter invasivo, disminuye la dosis de exposición radiológica y mejora los protocolos quirúrgicos, permitiendo también comprobaciones intraoperatorias de la localización de los implantes.^{3,4,5,6,7,8,9,10,11,12}

Además de su utilidad a nivel de la fijación transpedicular, la navegación intraoperatoria tiene otras indicaciones, como la descompresión del canal medular o la resección de lesiones tumorales. La navegación intraoperatoria mejora el rendimiento quirúrgico durante la descompresión posterior, estabilización transpedicular y resección tumoral.^{2,3,4,5}

En nuestro estudio presentamos varios casos en los que se ha utilizado la navegación intraoperatoria con imágenes en 3D para el abordaje de casos complejos a nivel de todos los segmentos del raquis, tanto para la inserción de tornillos pediculares como para la localización tridimensional y el control radiológico intraoperatorio (*Figura 1*).

Casos clínicos

- Mujer obesa de 55 años, con espondilolistesis grado V L5-S1 junto con radiculopatía L5 derecha. Se realizó

* Unidad de Columna. Hospital Universitario de Salamanca.

** Jefe de Servicio.

*** Jefe de la Unidad de Columna.

**** Facultad de Ingeniería. Universidad de Salamanca.

Dirección para correspondencia:
David Pescador
Hospital Virgen Vega,
Paseo de San Vicente S/N, 21P 37007, Salamanca, España.
E-mail: pesc21@yahoo.es

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

instrumentación posterolateral L4-S1 y laminectomía bilateral de L5. Se empleó la navegación para la colocación de tornillos pediculares y calcular la longitud exacta de éstos, ya que por la morfología de la paciente resultaba muy compleja su implantación con la técnica de manos libres no asistida (*Figura 2*).

- Mujer de 60 años con antecedente de laminectomía C3-C4. Presentaba mielopatía a dicho nivel y cifosis cervical. Se practicó corporectomía total de C3 y parte de C2, resección del osteofito posterior y reconstrucción con injerto de peroné, junto con fusión posterior mediante tornillos pediculares C2-T1. Se empleó la navegación para conocer en cada momento lo que restaba de descompresión, colocar los tornillos posteriores y realizar el control intraoperatorio de la situación del injerto (*Figura 3*).
- Individuo de 50 años con escoliosis toracolumbar con gran rotación vertebral; se realizó corrección y artrodesis posterolateral de T6-pelvis, usando la navegación para la implantación de los tornillos pediculares del ápex debido a la gran rotación vertebral a ese nivel (*Figura 4*).
- Niña de seis años que presentaba quiste gigante aneurismático de C2, para lo que se realizó abordaje posterior, exéresis e instrumentación occípito-C4 en un primer tiempo. En un segundo, resección del cuerpo de C2 transoral. Se usó la navegación para la colocación de la instrumentación y localización espacial en cada momento de la exéresis tumoral debido al riesgo de lesión de las arterias vertebrales y de la médula espinal, ya que el tumor desestructuró por completo la anatomía vertebral (*Figura 5*).

Discusión

La inserción de los tornillos pediculares en los cuerpos vertebrales es un procedimiento que, en condiciones normales, no debería generar mayores complicaciones, sobre todo en los pacientes en quienes los puntos de referencia

anatómicos son claros y la tecnología de la imagen que acompaña al procedimiento es suficiente.

Sin embargo, existe una variedad de patologías difíciles que requieren el uso de tornillos pediculares y en donde las referencias anatómicas no están lo suficientemente claras o donde la fluoroscopia se encuentra limitada (por ejemplo, en la unión cervicotorácica y la columna torácica superior o en individuos muy obesos).^{7,8} En estos casos, la navegación —y en particular, la navegación en conjuntos de datos en 3D— puede proporcionar información adicional valiosa para el cirujano. La vista axial de la vértebra da pistas importantes, sobre todo cuando un abordaje mínimamente invasivo se elige con visibilidad reducida de las referencias anatómicas del sujeto.

El sistema de navegación utiliza herramientas informáticas para integrar las imágenes previas y, en algunos casos, las intraoperatorias, con la situación espacial del instrumental que está utilizando el cirujano. El resultado se transfiere a un monitor que permite apreciar la posición relativa de las estructuras anatómicas con respecto al instrumental utilizando un sistema matemático de localización de puntos en el espacio y transformando las coordenadas resultantes en imágenes apreciables en un monitor.

El desarrollo de la navegación intraoperatoria en tres dimensiones disminuye el número de complicaciones que aparecerían si no se utilizara; así mismo, puede reducir la dosis de radiación y los movimientos repetidos del arco du-



Figura 1. O-arm tomografía axial computarizada.

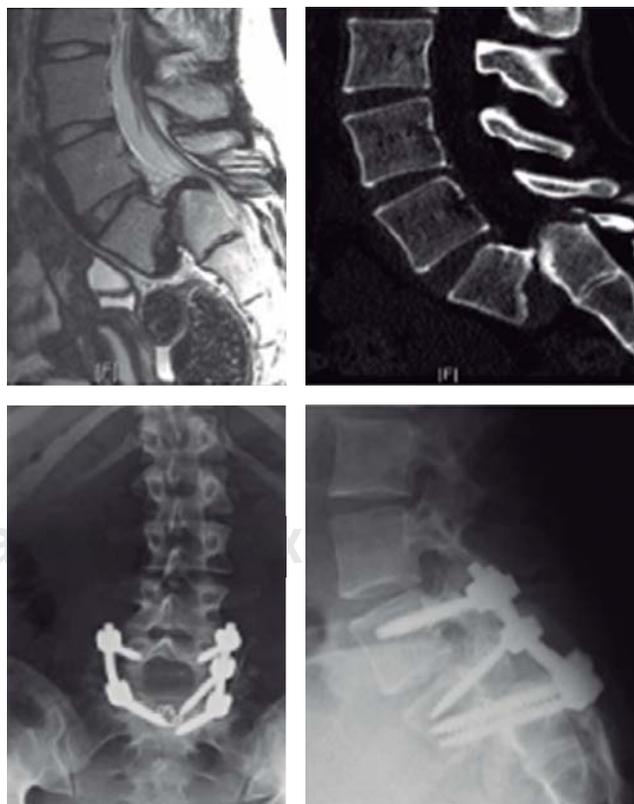


Figura 2. Caso 1. Espondilolistesis de alto grado.

rante la cirugía, ya que la visualización de los instrumentos quirúrgicos en relación con la anatomía de la persona en el plano de la imagen se determinaron desde el principio.¹³

Uno de los temores más llamativos en este tipo de intervenciones es la exposición radiológica del equipo quirúrgico, que se aprecia sobre todo en las que se realizan guiadas por fluoroscopia; sin embargo, cuando se usa la navegación con imagen en tiempo real en 3D, hay muy poca o nula exposición a la radiación en comparación con otros procedimientos.

Es importante destacar el uso de la navegación espinal en la columna cervical, ya que su complicada estructura anatómica y la considerable variación entre los pedículos significan que la implantación del tornillo en esta región se ha asociado con una precisión relativamente baja y un riesgo mayor de graves complicaciones neurovasculares en comparación con procedimientos similares en otras partes de la columna vertebral.^{6,7,8}

El uso de técnicas de orientación de la imagen en los procedimientos de cirugía espinal se ha llevado a cabo desde

hace varios años y éstas se han diseñado para aumentar la precisión en la colocación de la instrumentación espinal. Dentro de las técnicas estándar para la inserción de tornillos pediculares se han incluido la orientación con fluoroscopia y la de manos libres. La tasa de mala colocación de tornillos transpediculares utilizando técnicas estándar está entre 14 y 55% y la relación con respecto a las lesiones neurológicas, entre uno y 8%.¹⁰

En un metaanálisis de la literatura publicada sobre la exactitud de la colocación de tornillos pediculares, Kosmopoulos y Schizas reportaron una exactitud media de 90.3% en 12,299 tornillos pediculares colocados *in vivo* sin tener que navegar, contra una exactitud media de 95.2% en 3,059 tornillos pediculares colocados *in vivo* con la navegación. Este trabajo no incluye los estudios publicados después de 2006 y no especifica las técnicas de navegación.

Sasso y Garrido realizaron un estudio clínico con 105 individuos e instrumentación a nivel de L5-S1 y concluyeron que la navegación basada en radioscopia virtual no aumen-



Figura 3.

Caso 2. Mielopatía C3-C4 y cifosis cervical.



Figura 4.

Caso 3. Escoliosis toracolumbar.

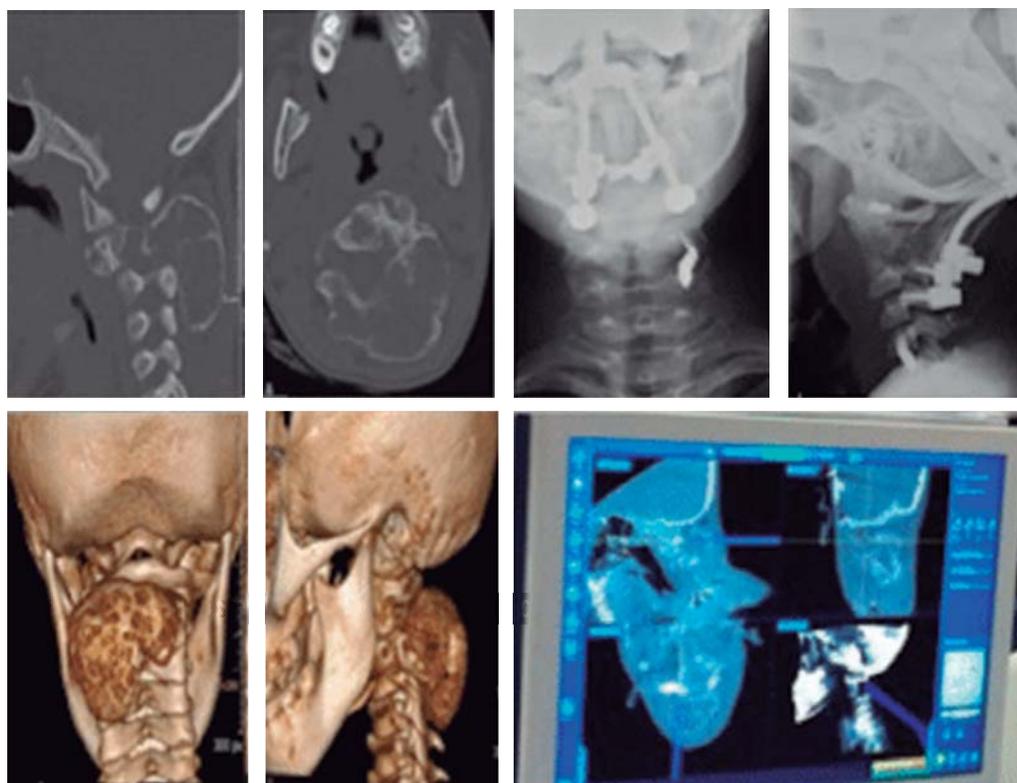


Figura 5.

Caso 4. Quiste aneurismático de C2.

taba el tiempo quirúrgico e incluso podría disminuirlo, ya que se evita la necesidad de realizar controles radioscópicos intraquirúrgicos.⁹

El sistema de navegación proporciona una completa gama de imágenes tridimensionales, lo que proporciona seguridad a la hora de la colocación del tornillo transpedicular; esto se traduce en una menor estancia hospitalaria, movilización precoz del paciente y una disminución en costos.

Otras de las opciones que se han estado manejando con el sistema de navegación son su utilidad en la descompresión de canales estenóticos o la resección de tumores como el osteoma osteoide. Las zonas más estudiadas son las que se localizan en el eje femoral, trocánter femoral, cuello femoral, eje tibial y eje radial. El *software* del sistema de navegación es el mismo que se utiliza para la navegación de la columna vertebral, el cual es muy útil para localizar la lesión y resear de una manera precisa el nido de ésta sin la eliminación de cualquier exceso de hueso.^{5,6,7,8,9,10,11,12,13,14,15,16}

Los sistemas de navegación con brazo articulado en C o en O en 3D y la tomografía computarizada intraoperatoria ya están disponibles como un complemento de la fluoroscopia; estas técnicas nos ayudan para evaluar con exactitud la colocación del tornillo pedicular y las barras de fijación (ya que generan una imagen volumétrica en tres dimensiones, las cuales pueden ser vistas en tres cortes: transversal, coronal y sagital),^{14,15} evaluar el grado de descompresión y el realineamiento tan pronto como sea posible; por lo tanto, reducen la incidencia de segundas operaciones y la necesidad de realizar una tomografía computarizada postoperatoria de

control, se asocian con una menor exposición radiológica, mejor relación costo-eficiencia y son muy útiles en la extirpación de lesiones tumorales en el eje vertebral.^{10,11}

Conflicto de intereses: No existe conflicto de intereses.

Bibliografía

1. Patil S, Lindley EM, Burger EL, Yoshihara H, Patel VV: Pedicle screw placement with O-arm and stealth navigation. *Orthopedics*. 2012; 35(1): e61-5.
2. Ailawadhi P, Agrawal D, Satyarthee GD, Gupta D, Sinha S, Mahapatra AK: Use of O-arm for spinal surgery in academic institution in India: experience from JPN apex trauma centre. *Neurol India*. 2011; 59(4): 590-3.
3. Abul-Kasim K, Söderberg M, Selariu E, Gunnarsson M, Kherad M, Ohlin A: Optimization of radiation exposure and image quality of the cone-beam O-arm intraoperative imaging system in spinal surgery. *J Spinal Disord Tech*. 2012; 25(1): 52-8.
4. Silbermann J, Riese F, Allam Y, Reichert T, Koepfert H, Gutberlet M: Computer tomography assessment of pedicle screw placement in lumbar and sacral spine: comparison between free-hand and O-arm based navigation techniques. *Eur Spine J*. 2011; 20(6): 875-81. Epub 2011 Jan 21.
5. Wang T, Zhang Q, Niu XH, Yu F, Li Y, Zhao HT, et al: Computer navigation-guided excision of osteoid osteomas. *Zhonghua Wai Ke Za Zhi*. 2011; 49(9): 808-11.
6. Ishikawa Y, Kanemura T, Yoshida G, Matsumoto A, Ito Z, Tauchi R, et al: Intraoperative, full rotation, three-dimensional image (O-arm)-based navigation system for cervical pedicle screw insertion. *J Neurosurg Spine*. 2011; 15(5): 472-8.
7. Abe Y, Ito M, Abumi K, Kotani Y, Sudo H, Minami A: A novel cost-effective computer-assisted imaging technology for accurate placement of thoracic pedicle screws. *J Neurosurg Spine*. 2011; 15(5): 479-85.

8. Scheufler KM, Franke J, Eckardt A, Dohmen H: Accuracy of image-guided pedicle screw placement using intraoperative computed tomography-based navigation with automated referencing, part I: cervicothoracic spine. *Neurosurgery*. 2011; 69(4): 782-95.
9. Wang Y, Le DQ, Li H, Wang M, Eric Büngrer C: Navigated percutaneous lumbosacral interbody fusion: a feasibility study. *Comput Aided Surg*. 2011; 16(3): 135-42.
10. Costa F, Cardia A, Ortolina A, Fabio G, Zerbi A, Fornari M: Spinal navigation: standard preoperative versus intraoperative computed tomography data set acquisition for computer-guidance system: radiological and clinical study in 100 consecutive patients. *Spine (Phila Pa 1976)*. 2011; 36(24): 2094-8.
11. Liu YJ, Tian W, Liu B, Li Q, Hu L, Li ZY, et al: Comparison of the clinical accuracy of cervical (C2-C7) pedicle screw insertion assisted by fluoroscopy, computed tomography-based navigation, and intraoperative three-dimensional C-arm navigation. *Chin Med J (Engl)*. 2010; 123(21): 2995-8.
12. Steudel WI, Nabhan A, Shariat K: Intraoperative CT in spine surgery. *Acta Neurochir Suppl*. 2011; 109: 169-74.
13. Tormenti MJ, Kostov DB, Gardner PA, Kanter AS, Spiro RM, Okonkwo DO: Intraoperative computed tomography image-guided navigation for posterior thoracolumbar spinal instrumentation in spinal deformity surgery. *Neurosurg Focus*. 2010; 28(3): E11.
14. Maier B, Zheng G, Ploss C, Zhang X, Welle K, Nolte LP, Marzi I: A CT-free, intra-operative planning and navigation system for minimally invasive anterior spinal surgery —an accuracy study. *Comput Aided Surg*. 2007; 12(4): 233-41.
15. Grützner PA, Beutler T, Wendl K, von Recum J, Wentzensen A, Nolte LP: Intraoperative three-dimensional navigation for pedicle screw placement. *Chirurg*. 2004; 75(10): 967-75.
16. Gebhard F, Kinzl L, Hartwig E, Arand M: Navigation of tumors and metastases in the area of the thoraco-lumbar spine. *Unfallchirurg*. 2003; 106(11): 949-55.