

# MAL POSICIÓN DE TORNILLOS PEDICULARES LUMBARES QUE PRODUCEN RADICULALGIA MECÁNICA POSTOPERATORIA CON ESTIMULACIÓN NEUROFISIOLÓGICA INTRAOPERATORIA NORMAL: EL VALOR DE LA ESTIMULACIÓN NEUROFISIOLÓGICA DEL TRAYECTO DEL TORNILLO

*MAU POSICIONAMENTO DE PARAFUSOS PEDICULARES LOMBARES QUE PRODUZEM RADICULALGIA MECÂNICA PÓS-OPERATÓRIA COM ESTIMULAÇÃO NEUROFISIOLÓGICA INTRAOPERATÓRIA NORMAL: O VALOR DA ESTIMULAÇÃO NEUROFISIOLÓGICA NO TRAJETO DO PARAFUSO*

*MISPLACEMENT OF LUMBAR PEDICULAR SCREWS THAT PRODUCE POSTOPERATIVE MECHANICAL RADICULALGIA WITH NORMAL INTRAOPERATIVE NEUROPHYSIOLOGICAL STIMULATION: THE VALUE OF NEUROPHYSIOLOGICAL STIMULATION AT THE PEDICULAR MID-TRACK*

VICENTE GARCÍA GONZÁLEZ<sup>1</sup>, JESÚS BURGOS FLORES<sup>1</sup>, TERESA DEL OLMO<sup>2</sup>, CARLOS BARRIOS PITARQUE<sup>3</sup>, EDUARDO HEVIA SIERRA<sup>4</sup>, LUIS MIGUEL ANTÓN RODRIGÁLVAREZ<sup>5</sup>, GEMA DE BLAS BEORLEGUI<sup>6</sup>

## RESUMEN

**Objetivo:** Valorar una exploración neurofisiológica que identifique estos casos intraoperatoriamente y evite la mal posición de tornillos pediculares. **Métodos:** En 293 pacientes intervenidos de escoliosis por vía posterior con tornillos pediculares y técnica "free hand", se implantaron 6.739 tornillos. De estos, ocho pacientes (2,7%), con edad promedio de 24 años, presentaron dolor radicular lumbar postoperatorio. En la TC postoperatoria se encontraron 10 tornillos lumbares (2L1-3L2-4L3-1L4) con prominencia mínima en la parte inferior del pedículo. Se evaluaron los umbrales de EMG del tornillo y del trayecto. **Resultados:** En cirugía inicial no se detectaron anomalías en la palpación del trayecto, ni en el control radioscópico, ni alteraciones neurofisiológicas en la estimulación neurofisiológica con t-EMG. Todos presentaron dolor radicular en bipedestación y sedestación que remitía con reposo en cama. Los tornillos fueron retirados quirúrgicamente a los 37 días en promedio (R:4-182). En esta cirugía se repitió la monitorización neurofisiológica y volvió a mostrar valores normales (> 11mA). Tras la retirada de los tornillos, se realizó estimulación del trayecto que mostró en la parte media, umbrales por debajo de los valores normales (3,9-10,7mA). Tras un seguimiento promedio de 4,4 años (R:2,6-6,8), cinco pacientes referían tener molestias radiculares ocasionales y uno tenía déficit motor mínimo en la extremidad afectada. **Conclusiones:** Se presenta un tipo de mal posicionamiento de tornillo pedicular lumbar que produce radiculalgia en bipedestación-sedestación y que no es detectado con monitorización convencional. La estimulación neurofisiológica del trayecto en la zona media, tras retirada del tornillo pedicular, produjo umbrales bajos de estimulación. Se recomienda estimulación sistemática del trayecto antes de la inserción del tornillo pedicular lumbar.

**Descriptores:** Radiculopatía; Columna vertebral; Tornillos óseos.

## RESUMO

**Objetivo:** Avaliar a exploração neurofisiológica que identifica esses casos no intraoperatório e que evite o mal posicionamento de parafusos pediculares. **Métodos:** Em 293 pacientes submetidos à intervenção para escoliose por via posterior com parafusos pediculares e técnica "free hand", foram implantados 6.739 parafusos. Do total, oito pacientes (2,7%) com média de idade de 24 anos, tiveram dor radicular lombar no pós-operatório. Na TC depois da cirurgia, foram encontrados 10 parafusos lombares (2L1-3L2-4L3-1L4) com proeminência mínima na parte inferior do pedículo. Foram avaliados os limiares EMG do parafuso e do trajeto. **Resultados:** Na cirurgia inicial, não foram detectadas anomalias à palpação do trajeto nem no controle radioscópico; também não se verificaram alterações neurofisiológicas na estimulação neurofisiológica com t-EMG. Todos os pacientes tiveram dor radicular em posição ortostática e sentada, que passava com o repouso na cama. Os parafusos foram retirados cirurgicamente aos 37 dias, em média (R:4-182). Nesta cirurgia repetiu-se a monitoração neurofisiológica, que voltou a mostrar valores normais (> 11mA). Depois da retirada dos parafusos, realizou-se estimulação do trajeto que mostrou, na parte média, limiares inferiores aos valores normais (3,9-10,7mA). Depois de acompanhamento médio de 4,4 anos (R:2,6-6,8), cinco pacientes relatavam incômodos radiculares ocasionais e um tinha déficit motor mínimo no membro afetado. **Conclusões:** Apresenta-se um tipo de mal posicionamento de parafuso pedicular lumbar que produz radiculalgia em posição ortostática e sentada, que não é detectado pela monitoração convencional. A estimulação neurofisiológica do trajeto na zona média, depois da retirada do parafuso, produziu limiares baixos de estimulação. Recomenda-se a estimulação sistemática do trajeto antes da inserção do parafuso pedicular lumbar.

**Descritores:** Radiculopatia; Coluna vertebral; Parafusos ósseos.

1. Cirugía Ortopédica, Hospital Mancha-Centro, Alcázar de San Juan, C. Real, España.
2. Cirugía Ortopédica Hospital de Tudela, Tudela, Navarra, España.
3. Cirugía Ortopédica, Universidad Católica de Valencia, Valencia, Valencia, España.
4. Unidad de Raquis, Hospital La Fraternidad, Madrid, Madrid, España.
5. Cirugía Ortopédica, Hospital Ramón y Cajal, Madrid, Madrid, España.
6. Departamento de Neurofisiología, Hospital Ramón y Cajal, Madrid, Madrid, España.

Trabajo realizado en Hospital Mancha-Centro, Alcázar de San Juan, C. Real, España.  
Correspondencia: Avenida Constitución s/n, 13600 Alcazar de San Juan. Ciudad Real. España.

## ABSTRACT

*Objective:* To carry out a neurophysiological evaluation that can identify these cases during surgery, and that prevents misplacement of pedicular screws. *Methods:* A total of 6739 screws were placed in 293 patients submitted to scoliosis correction via the posterior route with pedicular screws using the freehand technique. Of this total, eight patients (2.7%), with a mean age of 24 years, developed postoperative radiculopathy. Lumbar CT scans showed 10 misplaced lumbar screws (2L1-3L2-4L3-1L4), with minimal protrusion of the lower part of the screw. EMG thresholds of the screw and track were evaluated. *Results:* In the initial surgery, no anomalies were detected on palpation of the screw track or in the radioscopic control; neither were any neurophysiological alterations detected in the neurophysiological stimulation with t-EMG. All the patients had radicular pain in the standing and seated positions, which disappeared when lying on the bed. The screws were surgically removed at an average of 37 days after surgery (range: 4-182). In this surgical procedure, the neurophysiological monitoring was repeated, again showing normal thresholds (>11mA). After screw removal, stimulation of the probe within the track showed very low thresholds (range: 3.9-10.7 mA) at mid pedicular track. After a mean follow-up time of 4.4 years (Range: 2.6-6.8), five patients reported occasional radicular discomfort, and had minimal motor deficit in the affected limb. *Conclusions:* A type of misplacement of lumbar pedicle screws is presented that produces radicular pain in the standing and seated positions, and that may not be detected by conventional monitoring. Neurophysiological stimulation of the mid pedicular track, after removal of the screw, produces low stimulation thresholds. Systematic stimulation of the track prior to insertion of the lumbar pedicular screw is recommended.

*Keywords:* Radiculopathy; Spine; Bone screws.

## INTRODUCCIÓN

El tratamiento quirúrgico es un método aceptado para la corrección y prevención de la progresión de la deformidad del raquis toracolumbar. No obstante, la posibilidad de presentar una complicación neurológica radicular o medular en el desarrollo de la intervención quirúrgica causa gran preocupación a los cirujanos. Las complicaciones neurológicas pueden producirse en el momento de la inserción de tornillos- alambres-ganchos sublaminares, en el proceso de liberación neural o flexibilización de la columna o en el momento de la reducción de la deformidad.

La malposición de tornillos pediculares en cirugía de deformidad de raquis toracolumbar oscila entre 6%-30%,<sup>1</sup> en la mayoría de las ocasiones sin ninguna consecuencia neurológica.

En series amplias se ha comunicado una incidencia de lesiones radiculares en el rango de 0,41%-2,24% para el tratamiento quirúrgico de deformidad de raquis a pesar de una correcta monitorización neurofisiológica entre otros controles.<sup>2</sup>

Se han comunicado lesiones radiculares lumbares por inserción de tornillos pediculares que incluso escapan a la detección de los sistemas neurofisiológicos y radiológicos convencionales en una frecuencia de 3,38%.<sup>3</sup>

Se considera una posición aceptable del tornillo pedicular una desviación medial intracanal de 2mm al menos en zona torácica.<sup>1,4</sup>

Se recomienda realizar múltiples controles intraoperatorios como son la técnica de inserción pedicular y palpación intraoperatoria "manos libres", control neurofisiológico con potenciales evocados somatosensoriales (PESS) y motores (PEM) y monitorización de tornillos (t-EMG) y por último un control radioscópico intraoperatorio<sup>5</sup> en pacientes sometidos a cirugía de deformidad de raquis toracolumbar.

En relación a los valores de umbrales de estimulación de los tornillos lumbares (t-EMG) introducida por Calancie et al.<sup>6</sup> en 1991, existe cierta discrepancia entre autores a la hora de determinar los valores patológicos que sugieren perforación de la cortical medial del pedículo lumbar e íntimo contacto con la raíz nerviosa. Glassmann et al.<sup>7</sup> sugieren umbrales menores de 10 mA como altamente sugestivos de perforación cortical. Toleikis et al.<sup>8</sup> sugieren un umbral <5mA y Raynor et al.<sup>5</sup> proporcionan un umbral de estimulación de 8mA como no aceptable por la posibilidad de una perforación medial del pedículo lumbar.

Según la evidencia científica consultada y nuestra experiencia quirúrgica existe un número de pacientes que presentan lesiones radiculares postoperatorias que escapan a la detección de los múltiples controles que se efectúan.

El objetivo de este trabajo es analizar un grupo de pacientes con dolor y/o déficit motor radicular postoperatorio en extremidades inferiores tras la corrección quirúrgica de deformidad espinal cuyos síntomas se manifiestan exclusivamente en bipedestación y/o sedestación y así mejorar la detección neurofisiológica de los tornillos malposicionados lumbares que pasan desapercibidos en los controles intraoperatorios habituales (técnica manos libres de inserción pedicular, t-EMG, y control radioscópico intraoperatorio).

## MÉTODOS

Se han estudiado 294 pacientes intervenidos quirúrgicamente de deformidad espinal de múltiples etiologías entre 2004 y 2010 en tres centros hospitalarios. Todas las intervenciones quirúrgicas fueron realizadas por un cirujano principal con gran experiencia quirúrgica en corrección de deformidades y varios cirujanos ortopédicos con experiencia en cirugía de raquis como ayudantes con participación activa en la inserción de tornillos pediculares fundamentalmente en el lado derecho del paciente.

Se realizó una técnica quirúrgica vía posterior fundamentalmente "todo tornillos".

En estos pacientes se insertaron 6765 tornillos pediculares, de ellos 1550 lumbares, 5088 torácicos y 127 tornillos ilíacos.

La inserción de los tornillos se realizó en la mayoría de los casos con técnica "manos libres". En todos los pacientes se realizó monitorización neurofisiológica intraoperatoria con potenciales (PESS y PEM) y monitorización de los tornillos (t-EMG). Todos los pacientes fueron sometidos a una exploración radiológica intraoperatoria al final de la intervención quirúrgica para confirmar la correcta posición de los tornillos.

El estudio neurofisiológico fue realizado con un equipo específico de monitorización intraoperatoria Keypoint (Alpine Skovlunde-Dinamarca). La estimulación de los pedículos se realizó con un estimulador (Pedicule Screw Probe, Viasys Healthcare, Madison WI) usado como cátodo que se sitúa sobre la cabeza de los tornillos y una aguja monopolar de 12 mm de longitud (Neuroline Subdermal, Ambu) insertada en la musculatura paraespinal, que actúa como ánodo.

Se aplicó una corriente de estimulación constante con una frecuencia de 1 Hz y una duración de 0,1 ms con una intensidad ascendente entre 0,2 mA a 50 mA hasta que un potencial de acción compuesto repetible fuera obtenido en el músculo del miotoma correspondiente. Las respuestas fueron registradas usando unos filtros entre 20 Hz y 5 KHz, con una sensibilidad del amplificador de 50  $\mu$ V por división y 10 ms de barrido. Se insertaron un par de electrodos de registro de aguja monopolar de acero inoxidable de 12 mm de longitud (Neuroline Subdermal, Ambu) en los músculos de los miotomas correspondientes.

Los umbrales aceptados han sido, siguiendo las recomendaciones de Glassman et al.<sup>7</sup>, Umbral >15mA: 98% confianza para la posición intrapedicular del tornillo. Umbral 10-15 mA: 87% confianza para la posición intrapedicular del tornillo. Umbral < 10mA: perforación de la cortical en el 90% de los casos. En los tornillos con umbrales menores a 15mA se revisó el trayecto en todos los casos y se procedió a la implantación definitiva del tornillo según la apreciación de la palpación sobre todo si el umbral se encontraba entre 10-15mA y se consideraba un tornillo fundamental.

El estudio estadístico se realizó con el paquete SPSS v 18.00 (IBM Corp, Armonk, NY) y contraste chi-cuadrado de independencia para el estudio de la asociación "experiencia del cirujano" y "resultado del implante".

De los 294 pacientes intervenidos, 8 (2,7%) pacientes con una edad media de 24 años (11-39) desarrollaron un dolor radicular/déficit motor postoperatorio. Se solicitó una tomografía axial

computerizada (TAC) en estos pacientes que mostró 10 (0,67%) tornillos lumbares malposicionados (2L1-3L2-4L3-1L4) todos ellos con prominencia mínima en la zona inferior del pedículo. (Figura 1) Se procedió a retirar los tornillos malposicionados y se evaluaron los umbrales de EMG del tornillo y del trayecto pedicular durante el procedimiento quirúrgico.

Los pacientes que presentaban tornillos malposicionados presentaban los siguientes diagnósticos: 1 Cardiopatía congénita, 1 Parálisis cerebral infantil, 1 Enfermedad de Marfan, 3 Escoliosis idiopática del adolescente, 1 scoliosis del adulto, 1 Enfermedad de Scheuermann. (Tabla 1)

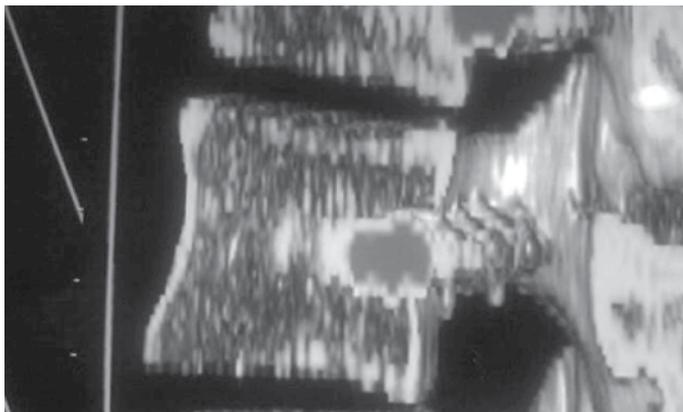


Figura 1. Detalle tornillo malposicionado.

## RESULTADOS

Los ocho pacientes con radiculopatía postoperatoria presentaron una palpación de trayecto, t-EMG y radioscopia intraoperatoria sin alteraciones patológicas durante la primera cirugía. La TAC postoperatoria mostró en todos los casos (10 tornillos) malposición de tornillo lumbar con invasión <2mm en zona inferior de pedículo. Los tornillos fueron retirados sin reposición a los 37 días de media (4-182).

Previamente a la retirada del tornillo se realizó una nueva estimulación del tornillo malposicionado que volvió a mostrar valores normales (>11mA). Tras la retirada del tornillo se realizó estimulación del trayecto pedicular que mostró valores muy bajos en su porción media (3,9-10,7mA) y normales (> 11mA) en fondo de trayecto pedicular. (Figuras 2 y 3)

Tras un seguimiento medio de 4.4 años (2-6.8 años) dos pa-

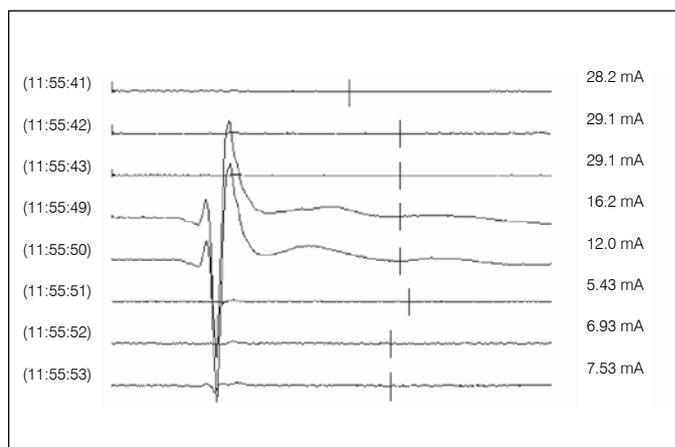


Figura 2. Neurofisiología. Estimulación de tornillo lumbosacro.

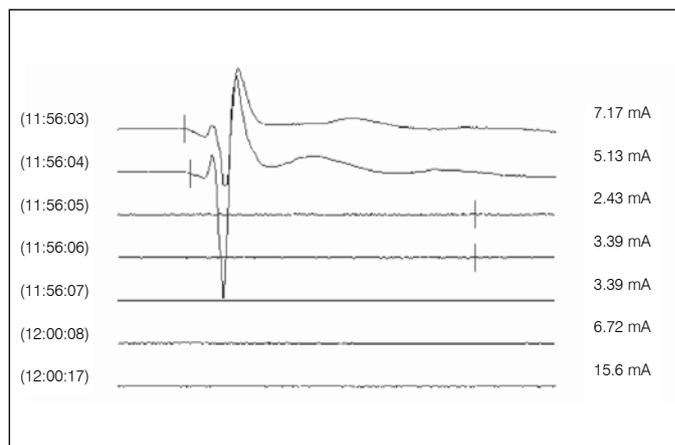


Figura 3. Neurofisiología. Estimulación del trayecto del tornillo.

cientes refieren dolor moderado en raíz afectada, un déficit motor leve de cuádriceps (L3D), un paciente con parestesias y cuatro pacientes asintomáticos.

Los tornillos malposicionados se presentaron fundamentalmente en el lado derecho del paciente (9/1) hecho éste que presenta una relación estadísticamente significativa para una  $p < 0,05$  (chi-cuadrado).

Tabla 1. Datos de pacientes con tornillos malposicionados.

Paciente	Edad	Diagnostico	Fijación	COBB	Tornillo malposicionado	Tiempo retirada tornillos	Síntomas seguimiento
1A	15	Cardiop.cong Fontán	T4-L3	48	L2D CONVEX	18 días	Parestesias
1B	15	Idem	T4-L3	48	L3D CONVEX	18 días	Parestesias
2	39	PCI	T3-L4	76	L3D CONVEX	10 días	Dolor radicular
3A	15	EIA	T2-L3	48	L1D CONVEX	182 días	Asintomático
3B	15	Idem	T2-L3	48	L3D CONVEX	182 días	Asintomático
4	11	EIA	T2-L3	77	L2D CONVEX	24 días	Asintomático
5	36	Marfan	T2-ILIACOS	68	L4I CONCAV	23 días	Dolor radicular
6	38	EI	T2-ILIACOS	104	L3D CONVEX	4 días	Paresia leve cuádriceps
7	14	EIA	T2-L3	67	L1D CONCAV	31 días	Asintomático
8	18	Scheuermann	T2-L4	100	L2D	6 días	Asintomático

## DISCUSIÓN

Todos los pacientes presentaron dolor en bipedestación/sedestación en la metámera de la raíz afectada y ausencia de dolor en decúbito. Todos los casos presentaron valores bajos de estimulación (t-EMG) del trayecto pedicular en su zona media tras la retirada del tornillo lo que hace suponer una mayor sensibilidad para detectar una posición anómala del tornillo pedicular lumbar si lo comparamos con la estimulación directa del tornillo.

Pensamos que una explicación para la presencia de síntomas fundamentalmente en decúbito/sedestación tiene relación con la disminución de la altura del disco que se produce en ambas posiciones aunque la presencia de instrumentación rígida en vértebras adyacentes al disco es un inconveniente para atribuir la patogenia de los síntomas a la disminución de altura del disco. No obstante los discos conservan cierta movilidad a pesar de la instrumentación posterior.

La mayoría de los tornillos malposicionados se encuentran en el lado derecho del paciente que coincide con la posición que ocupa el cirujano menos experimentado. El análisis estadístico permite establecer una relación causal entre la experiencia del

cirujano y la posibilidad de malposición de tornillo pedicular para un nivel de significación  $\alpha$  del 5%, no así para un nivel de significación de  $\alpha$  del 1%.

## CONCLUSIONES

La estimulación neurofisiológica del trayecto medio del tornillo pedicular en zona lumbar mostró umbrales bajos (<11mA) en todos los casos.

En pacientes intervenidos de deformidad vertebral la estimulación del trayecto puede detectar malposición de tornillos lumbares que pasa desapercibida en los controles habituales.

Aconsejamos la estimulación sistemática del trayecto pedicular lumbar en pacientes operados de deformidad vertebral.

Existe una relación estadísticamente significativa entre experiencia del cirujano y malposición de tornillo pedicular lumbar.

---

Todos los autores declaran que no hay ningún potencial conflicto de intereses con referencia a este artículo.

---

## REFERENCIAS

1. Upendra BN, Meena D, Chowdhury B, Ahmad A, Jayaswal A. Outcome-based classification for assessment of thoracic pedicular screw placement. *Spine (Phila Pa 1976)*. 2008;33(4):384-90.
2. Hamilton DK, Smith JS, Sansur CA, Glassman SD, Ames CP, Berven SH, et al. Rates of new neurological deficit associated with spine surgery based on 108,419 procedures: a report of the scoliosis research society morbidity and mortality committee. *Spine (Phila Pa 1976)*. 2011;36(15):1218-28.
3. Alemo S, Sayadipour A. Role of intraoperative neurophysiologic monitoring in lumbosacral spine fusion and instrumentation: a retrospective study. *World Neurosurg*. 2010;73(1):72-6.
4. Polly DW Jr, Potter BK, Kuklo T, Young S, Johnson C, Klemme WR. Volumetric spinal canal intrusion: a comparison between thoracic pedicle screws and thoracic hooks. *Spine (Phila Pa 1976)*. 2004;29(1):63-9.
5. Raynor BL, Lenke LG, Bridwell KH, Taylor BA, Padberg AM. Correlation between low triggered electromyographic thresholds and lumbar pedicle screw malposition: analysis of 4857 screws. *Spine (Phila Pa 1976)*. 2007;32(24):2673-8.
6. Calancie B, Lebowitz N, Madsen P, Klose KJ. Intraoperative evoked EMG monitoring in an animal model. A new technique for evaluating pedicle screw placement. *Spine (Phila Pa 1976)*. 1992;17(10):1229-35.
7. Glassman SD, Dimar JR, Puno RM, Johnson JR, Shields CB, Linden RD. A prospective analysis of intraoperative electromyographic monitoring of pedicle screw placement with computed tomographic scan confirmation. *Spine (Phila Pa 1976)*. 1995;20(12):1375-9.
8. Toleikis JR, Skelly JP, Carlin AO, Toleikis SC, Bernard TN, Burkus JK, et al. The usefulness of electrical stimulation for assessing pedicle screw placements. *J Spinal Disord*. 2000;13(4):283-9.