

Comprobando la integridad del trayecto pedicular torácico:  
¿Es válido el uso del palpador pedicular? Técnica en cadáveres.

Daniel Moreno Mora

**COMPROBANDO LA INTEGRIDAD DEL TRAYECTO PEDICULAR TORÁCICO: ¿ES  
VALIDO EL USO DEL PALPADOR PEDICULAR? TÉCNICA EN CADÁVERES.**



**UNIVERSIDAD DEL ROSARIO**

**UNIVERSIDAD COLEGIO MAYOR NUESTRA SEÑORA DEL ROSARIO**

**FACULTAD DE MEDICINA**

**DEPARTAMENTO DE CLÍNICAS QUIRÚRGICAS**

**PROGRAMA DE ESPECIALIZACION EN NEUROCIRUGIA**

**Bogotá, Junio de 2015**

Comprobando la integridad del trayecto pedicular torácico:  
¿Es válido el uso del palpador pedicular? Técnica en cadáveres.

Daniel Moreno Mora

**COMPROBANDO LA INTEGRIDAD DEL TRAYECTO PEDICULAR TORÁCICO: ¿ES  
SEGURO EL USO DEL PALPADOR PEDICULAR? TÉCNICA EN CADÁVERES.**

**Daniel Fernando Moreno Mora**

Trabajo de grado para optar al título de Especialista en Neurocirugía

**Asesor temático**

Dr. William Mauricio Riveros

**Asesor epidemiológico**

Dra. Lina Morón

**Asesor estadístico**

Dr. Juan Pablo Álzate

**UNIVERSIDAD COLEGIO MAYOR NUESTRA SEÑORA DEL ROSARIO**

**FACULTAD DE MEDICINA**

**DEPARTAMENTO DE CLÍNICAS QUIRÚRGICAS**

**PROGRAMA DE ESPECIALIZACION EN NEUROCIRUGIA**

**Bogotá, Junio de 2015**

## **AUTOR**

**Daniel Fernando Moreno Mora**

Médico Cirujano Universidad del Rosario

Estudiante especialización en Neurocirugía

Departamento de Clínicas Quirúrgicas

Facultad de Medicina

Universidad del Rosario

Bogotá

**UNIVERSIDAD COLEGIO MAYOR NUESTRA SEÑORA DEL ROSARIO**

**FACULTAD DE MEDICINA**

**DEPARTAMENTO DE CLÍNICAS QUIRÚRGICAS**

**PROGRAMA DE ESPECIALIZACION EN NEUROCIRUGIA**

Comprobando la integridad del trayecto pedicular torácico:  
¿Es válido el uso del palpador pedicular? Técnica en cadáveres.

Daniel Moreno Mora

“La Universidad del Rosario no se hace responsable de los conceptos emitidos por los investigadores en su trabajo, sol velará por el rigor científico, metodológico y ético del mismo en aras de la búsqueda de la verdad y la justicia”

Comprobando la integridad del trayecto pedicular torácico:  
¿Es válido el uso del palpador pedicular? Técnica en cadáveres.

Daniel Moreno Mora

## **Agradecimientos**

Agradezco a la Universidad del Rosario y la Facultad de Medicina quienes me brindaron las bases académicas en el proceso de formación, al Hospital Universitario Mayor gran centro de práctica, a mis profesores por ser mi guía y apoyo y especialmente a mis pacientes fuente constante e inagotable de conocimiento.

Comprobando la integridad del trayecto pedicular torácico:  
¿Es válido el uso del palpador pedicular? Técnica en cadáveres.

Daniel Moreno Mora

*A mi familia y amigos quienes hicieron posible el sueño de ser neurocirujano y a mi abuela,  
quien durante 93 años ha sido ejemplo infinito de lucha y valentía.*

*Daniel Fernando Moreno Mora*

## Tabla de Contenido

	<b>Página</b>
1. Introducción	13
2. Planteamiento del problema	15
3. Justificación	16
4. Marco teórico	17
4.1 <i>Historia de la instrumentación pedicular</i>	17
4.2 <i>Aspectos anatómicos fundamentales de la columna torácica</i>	18
4.3 <i>Conceptos quirúrgicos para la colocación de tornillos pediculares</i>	20
5. Objetivos	26
5.1 <i>Objetivo general</i>	26
5.2 <i>Objetivos específicos</i>	26
6. Metodología	
6.1 <i>Diseño del estudio</i>	27
6.2 <i>Población y muestreo</i>	27
6.3 <i>Criterios de elegibilidad</i>	27
6.4 <i>Variables</i>	28
6.5 <i>Técnica de recolección de la información</i>	29
6.6 <i>Materiales y métodos</i>	29
6.7 <i>Plan de análisis de resultados</i>	31

	<b>Página</b>
7. Aspectos éticos	33
8. Organigrama	34
9. Cronograma	35
10. Presupuesto	36
11. Resultados	37
12. Discusión	41
13. Conclusiones	44
14. Referencias	45
15. Anexos	48



## Lista de tablas

	<b>Pagina</b>
<b>Tabla 1.</b> Tabla recolección de datos	29
<b>Tabla 2.</b> Prueba diagnóstica vs estándar de oro	31
<b>Tabla 3.</b> Caracterización de los resultados de la evaluación del trayecto pedicular	37
<b>Tabla 4</b> Valores estadísticos	38
<b>Tabla 5.</b> Precisión y validez para localización correcta del sitio de lesión pedicular	39
<b>Tabla 6.</b> Resultados generales de los cuatro evaluadores	39

## Lista de figuras

	<b>Pagina</b>
<b>Figura 1.</b> Tamaño pedicular torácico	19
<b>Figura 2.</b> Instrumental quirúrgico para preparación de trayecto pedicular	21
<b>Figura 3.</b> Marcas para inserción de tornillos pediculares torácicos	23
<b>Figura 4.</b> Planeamiento con navegación para tornillos pediculares	25
<b>Figura 5.</b> Área bajo la curva ROC	40
<b>Figura 6.</b> Instrumentación transpedicular torácica medial y baja	48
<b>Figura 7.</b> Instrumentación transpedicular torácica alta y medial	49
<b>Figura 8.</b> Tomografía instrumentación transpedicular torácica	50
<b>Figura 9.</b> Disección anatómica 1	51
<b>Figura 10.</b> Disección anatómica 2	52
<b>Figura 11.</b> Disección anatómica 3	53

**Introducción:** En la práctica neuroquirúrgica el uso de tornillos pediculares torácicos ha venido en aumento en el tratamiento de diferentes patologías de la espinales. Desde la descripción original, se confirma la adecuada canalización del trayecto mediante el uso del palpador, sin embargo la validez y seguridad de dicho instrumento es limitada y existe riesgo de complicaciones complejas. En este estudio se comprueba la seguridad y validez del uso del palpador para diagnosticar la integridad del trayecto pedicular torácico.

**Metodología:** Se canalizaron pedículos torácicos en especímenes cadavéricos los cuales de manera aleatoria se clasificaron como normales (íntegros) o anormales (violados). Posteriormente cuatro cirujanos de columna, con diferentes grados de experticia, evaluaron el trayecto pedicular. Se realizaron estudios de concordancia obteniendo coeficiente Kappa, porcentaje total de precisión, sensibilidad, especificidad, VPP y VPN y el área bajo la curva ROC para determinar la precisión de la prueba.

**Resultados:** La precisión y validez en el diagnóstico del trayecto pedicular y localización del sitio de violación tienen relación directa con la experiencia y entrenamiento del cirujano, el evaluador con mayor experiencia obtuvo los mejores resultados. El uso del palpador tiene una buena precisión, área bajo la curva ROC 0.86, para el diagnóstico de las lesiones pediculares.

**Discusión:** La evaluación precisa del trayecto pedicular, presencia o ausencia de una violación, es dependiente del grado de experiencia del cirujano, adicionalmente la precisión diagnóstica de la violación varía según la localización de esta.

**Palabras clave:** Palpador, pedículo torácico, columna, validez.

**Introduction:** In neurosurgical practice the use of thoracic pedicle screws has been increasing in the treatment of different pathologies in the thoracic spine. Since the original description, the proper channeling of the tract is confirmed using the probe, however the validity and safety of the instrument is limited and there is a risk of serious complications. In this study, the safety and validity of using the probe is checked to diagnose thoracic pedicle integrity way.

**Methods:** Thoracic pedicle cadaveric specimens were channeled in which randomly were classified as normal (intact) or abnormal (violated). Subsequently four spine surgeons at various levels of expertise, assessed the pedicle way. Studies of agreement were obtained, Kappa coefficient, total percentage of accuracy, sensitivity, specificity, PPV and NPV and the area under the ROC curve to determine the accuracy of the test is performed.

**Results:** The accuracy and validity in the diagnosis of pedicle tract and pedicle violation are directly related to the training and experience of the surgeon, the most experienced evaluator obtained the best results. The use of the probe has good accuracy, 0.86 area under the ROC curve, for the diagnosis of the pedicle injury.

**Discussion:** The precise detection of a pedicle tract, presence or absence of a tract violation is dependent of the level of experience of the surgeon; the diagnosis of the breach pedicle varies according to its localization.

**Keywords:** probe, thoracic pedicle, spine, validity.

## 1. Introducción

En la actualidad la realización de intervenciones quirúrgicas en la columna vertebral, técnicas abiertas tradicionales y mínimamente invasivas, ocupa uno de los primeros cinco lugares de frecuencia en los procedimientos realizados en los servicios de neurocirugía y ortopedia (1, 2,3). En dichos procedimientos se realiza artrodesis en una frecuencia que varía entre 40-50% y de estas más del 80% incluyen el uso de instrumentación (4,5). Se han realizado y descrito diferentes técnicas, inicialmente estudios anatómicos, con el objetivo de disminuir las posibles complicaciones y mejorar los resultados con el uso de tornillos transpediculares, actualmente se enfocan en estudios imagenológicos como tomografía intraoperatoria y navegación (1, 5,6).

En la estadística del servicio de neurocirugía del Hospital Universitario Mayor el 60% de los procedimientos quirúrgicos realizados en los últimos diez años corresponden a cirugías de columna ocupando el primer lugar el manejo quirúrgico de patología degenerativa lumbar y cervical, segundo lugar patología traumática lumbar y torácica y finalmente tumoral, realizando en el 50% de estos procedimientos artrodesis vía posterior y/o anterior con un primer lugar ocupado por la instrumentación transpedicular posterior(3) .

Durante el procedimiento quirúrgico la ubicación y preparación del trayecto pedicular representa un paso fundamental previo a la colocación de los tornillos transpediculares (5). Actualmente en nuestro medio la confirmación del trayecto pedicular y la integridad del mismo se realizan mediante el uso del palpador pedicular con el cual se debe confirmar que las paredes del pedículo vertebral se encuentren intactas, sin embargo la validez y seguridad de este procedimiento en la región torácica es limitada (7, 8,9).

Cuando se canaliza de manera errónea el trayecto pedicular múltiples complicaciones pueden presentarse secundarias a la lesión de estructuras anatómicas, teniendo como factor determinante

el diámetro menor de los pedículos torácicos y la proximidad del canal espinal y grandes vasos (10). Entre las principales complicaciones tempranas se puede presentar lesión medular, lesión de raíces nerviosas por invasión de los forámenes espinales, compromiso discal y lesiones vasculares tanto venosas como arteriales. En las complicaciones tardías se encuentran inestabilidad segmentaria, dolor crónico y falla en el proceso de fusión (10,11).

Citando las complicaciones más relevantes descritas en la literatura, Cinotti et al reportaron tasas de ruptura pedicular de 16 a 24 % lo cual dependía del punto de entrada utilizado (6), Vaccaro et al, describieron 41% de lesiones en pedículos torácicos en estudios cadavéricos, 23% de los cuales se localizaron en la pared medial, con complicaciones neurológicas principalmente déficit motor postoperatorio (11). Castro et al, realizaron un estudio cadavérico comparado con técnica en vivo, utilizando tomografía computarizada para la colocación de tornillos transpediculares torácicos en los cuales encontraron 25% de mal posicionamiento en cadáveres y 40% en los estudios clínicos (7). Louis detecto en seis de 401 pacientes radiculopatía posterior a fijación con tornillos transpediculares (12). Esses y colaboradores reportaron 169 complicaciones en 617 casos asociados con instrumentación transpedicular, entre estas se encontró lesión de raíces nerviosas y fistula de líquido cefalorraquídeo; Suk et al encontraron en tres por ciento de los pacientes mal posicionamiento de los tornillos (8,9).

Actualmente los estudios e investigaciones realizadas con el objetivo de mejorar la técnica quirúrgica y los resultados postoperatorios se basan en la introducción de métodos y sistemas radiológicos para la confirmación de la adecuada posición del tornillo pedicular, dichos métodos comprenden uso de fluoroscopia biplanar, utilización de guías estereotáxicas y neuronavegación para la colocación de tornillos pediculares, sin embargo estos dispositivos no se encuentran completamente disponibles en nuestro medio y aun no es claro la seguridad al usar las herramientas actuales (13,14,15).

## **2. Planteamiento del problema**

La instrumentación transpedicular posterior en la columna torácica ha aumentado en frecuencia en los últimos años, siendo primera opción en tratamiento de patologías degenerativas, traumáticas, congénitas y adquiridas. Dicho procedimiento es realizado en poblaciones de todos los rangos de edad, población pediátrica en especial por enfermedades congénitas y adultos por patologías degenerativas y traumáticas principalmente. En la actualidad persiste la preocupación con respecto a la seguridad en la utilización de tornillos pediculares (1, 2, 3,4).

Diferentes estudios han tratado de evaluar y comparar métodos de monitoria e imágenes intraoperatorias para aumentar la seguridad y determinar la adecuada posición de tornillos pediculares (15,16,17); sin embargo, la valoración táctil en el momento previo a la colocación de tornillos sigue siendo la principal técnica de diagnóstico del trayecto pedicular utilizada por cirujanos de columna, dicha técnica no sea ha evaluado claramente y no existen datos en cuanto a precisión y validez de su uso. Por lo anterior existe la necesidad de conocer la validez, precisión y concordancia del uso del palpador pedicular para detectar lesiones del trayecto pedicular.

### Pregunta de investigación

¿Cuál es la validez y seguridad del uso del palpador pedicular en el diagnóstico preciso de la integridad pedicular torácica?

### **3. Justificación**

En el ámbito científico los resultados de este trabajo ayudan a aclarar la verdadera seguridad en el uso de un instrumento que hace parte de la técnica quirúrgica clásica utilizada en un porcentaje alto de procedimientos quirúrgicos de columna, este trabajo está dirigido a neurocirujanos y ortopedistas dedicados a la cirugía de columna, dándoles a conocer un criterio adicional para el uso de tecnologías adicionales que mejoren los resultados clínicos y disminuyan complicaciones.

En los estudios actuales pese a los avances obtenidos en el mejoramiento de la técnica quirúrgica el porcentaje de tornillos transpediculares en la región torácica que violan la integridad pedicular alcanza hasta de un 41% y la tasa de complicaciones, principalmente neurológicas, hasta un 13%, lo cual hace necesario la implementación de tecnologías que mejoren dichas cifras.

Adicionalmente, este tipo de estudio anatómico cadavérico, tiene como propósito darle a conocer al gremio neuroquirúrgico una opción válida para realizar investigación, sin necesidad de una gran inversión económica, y que se encuentra al alcance tanto de especialistas como de médicos en formación.



## 4. Marco teórico

### 4.1 *Historia de la Instrumentación pedicular*

A lo largo de la historia se han desarrollado múltiples técnicas para instrumentar vía posterior la columna dorsal dentro de las cuales se encuentran los tornillos pediculares, este tipo de instrumentación se ha reconocido por ofrecer un grado mayor de estabilidad en comparación con otro tipo de sistemas, Boucher en los años 50 introdujo los tornillos pediculares en la columna vertebral (1), los cuales posteriormente fueron popularizados por Roy-Camille en los años 60 (2). Sin embargo, Harrington y Tullos merecen el crédito por el primer intento de colocar tornillos por el istmo pedicular, su reporte publicado en 1960 indica el intento de reducción de dos casos con un alto grado de espondilolistesis con evoluciones favorables (1,2).

A pesar del uso frecuente de instrumentación posterior con ganchos sublaminares, los tornillos pediculares en la columna dorsal han mostrado ventajas comparativas con otros sistemas. La fijación de columna dorsal 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 comparación con los tornillos pediculares (18,19). Las primeras publicaciones desarrolladas acerca de la instrumentación dorsal con tornillos pediculares aparecen en 1995 (3) y progresivamente han venido ganando popularidad a nivel mundial especialmente por las ventajas biomecánicas. Sin embargo, considerando la mayor exigencia quirúrgica por la anatomía particular de la columna torácica y las posibles complicaciones neurológicas, vasculares y respiratorias aun no existe una amplia distribución de esta técnica en algunos cirujanos de columna. Es por esto que antes de planear procedimientos invasivos en la columna dorsal es de fundamental importancia conocer la anatomía de los cuerpos vertebrales y las características específicas de la columna vertebral a nivel dorsal (5).

#### *4.2 Aspectos anatómicos fundamentales de la columna torácica*

La anatomía de los pedículos ha sido estudiada de forma exhaustiva en diferentes razas, en población pediátrica y adultos. Los patrones específicos de morfología, orientación y tamaño de los pedículos en la columna cervical, torácica, lumbar y en sacro han sido identificados y descritos en algunas publicaciones previas (18, 20,21). El diámetro interno de los pedículos se ha relacionado más directamente con la altura del paciente que con el género, sin embargo existen amplias variaciones individuales, por lo que cada cirujano de columna debe entender la anatomía particular del paciente a fin de lograr resultados exitosos.

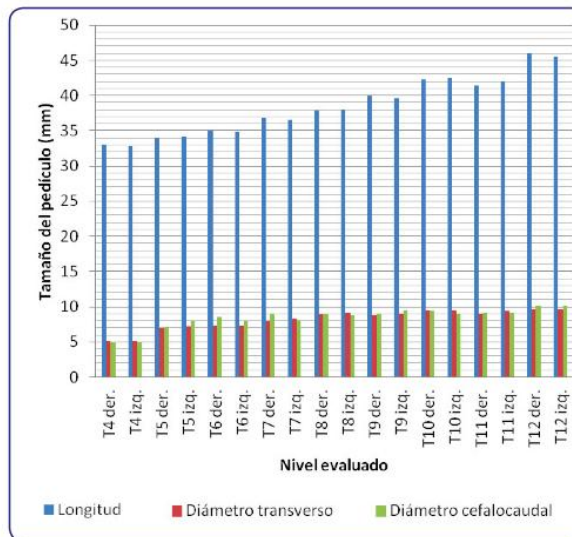
La columna torácica cuenta con una cifosis fisiológica debido al acuñamiento anterior de las vértebras y discos intervertebrales, esta alineación genera que la columna en estos segmentos sea más estable en flexión (22). La caja torácica formada por las costillas añade un factor estabilizador, aumentando las dimensiones transversales y con ello el momento de inercia de las estructuras; como resultado se genera mayor resistencia a la inclinación frontal y sagital así como a la rotación axial; de igual forma hay mayor estabilidad axial lo cual ayuda a disipar las cargas axiales; la orientación frontal de las articulaciones facetarias disminuye la movilidad e incrementa su estabilidad (18). El ligamento longitudinal anterior y el ligamento longitudinal posterior son estabilizadores importantes de la columna torácica, mientras que la cápsula articular de las facetas no contribuye a la estabilidad de gran medida, como se ha demostrado que lo hace a nivel cervical y lumbar (20).

Los pedículos constituyen la porción más resistente de la vértebra y son los responsables de la transmisión de todas las fuerzas desde los elementos posteriores al cuerpo vertebral; esta estructura vertebral se encarga de soportar fuerzas de tensión rotacional, flexión lateral y extensión de la columna convirtiéndose por tanto en la estructura ideal a la cual acoplar una instrumentación posterior (11, 16,18).

Los pedículos torácicos son diferentes de aquellos localizados en otros segmentos de la columna, su diámetro medio lateral es significativamente menor que su diámetro superior inferior

con menor inclinación medial (18). El saco dural se encuentra inmediatamente medial a los pedículos y las raíces nerviosas discurren superior e inferior a estos a medida que abandonan el saco dural (11). En estudios morfológicos en cadáveres realizados a la fecha se ha descrito que la pared lateral del saco dural contacta directamente con la pared medial del pedículo y no se ha logrado identificar un espacio epidural verdadero lo cual se relaciona con el alto grado de complicaciones y lesiones neurológicas al presentarse violaciones de la pared medial (10, 20,21).

En un estudio realizado en Colombia, realizado mediante disecciones cadavéricas, el cual buscaba describir la anatomía pedicular en nuestra población, se encontró que la forma pedicular no es cilindra según lo reportado por Panjabi, las longitud pedicular en promedio fue de 10,7 mm; el diámetro cefalocaudal promedio fue de 7,5 mm y el diámetro transversal de 5 mm (ver figura 1). No se encontraron diferencias en las medidas con respecto al pedículo contra lateral ni con respecto al género; encontrando los diámetros menores a nivel de T4-T5; disminuyendo progresivamente de T1 a T5 y aumentado de T6 a T12 (22).



**Figura 1.** *Tamaño pedicular torácico.* Tomado de Alvarado F.; Jaimes L.; Rojas C.; Torres-R. F.; Corona O.; Fletscher G.; Aplicación de tornillos transpediculares en la columna torácica: Descripción de la zona de seguridad según los hallazgos anatómicos en la población colombiana. Vol. 27 No. 1, 2013; 32-37.

Teniendo en cuenta estos diámetros, los pedículos en la región torácica media suelen ser demasiado pequeños para alojar tornillos pediculares disponibles en el mercado. Por ello no es de extrañar los altos índices de penetración que han sido reportados en varios estudios previos. Cinotti et al informaron de una tasa de violación de la anatomía pedicular de 16% a 24%, dependiendo del punto de partida usado (6). Vaccaro et al informaron una tasa de desviación general de 41% en cadáveres con una tasa de violación medial (11).

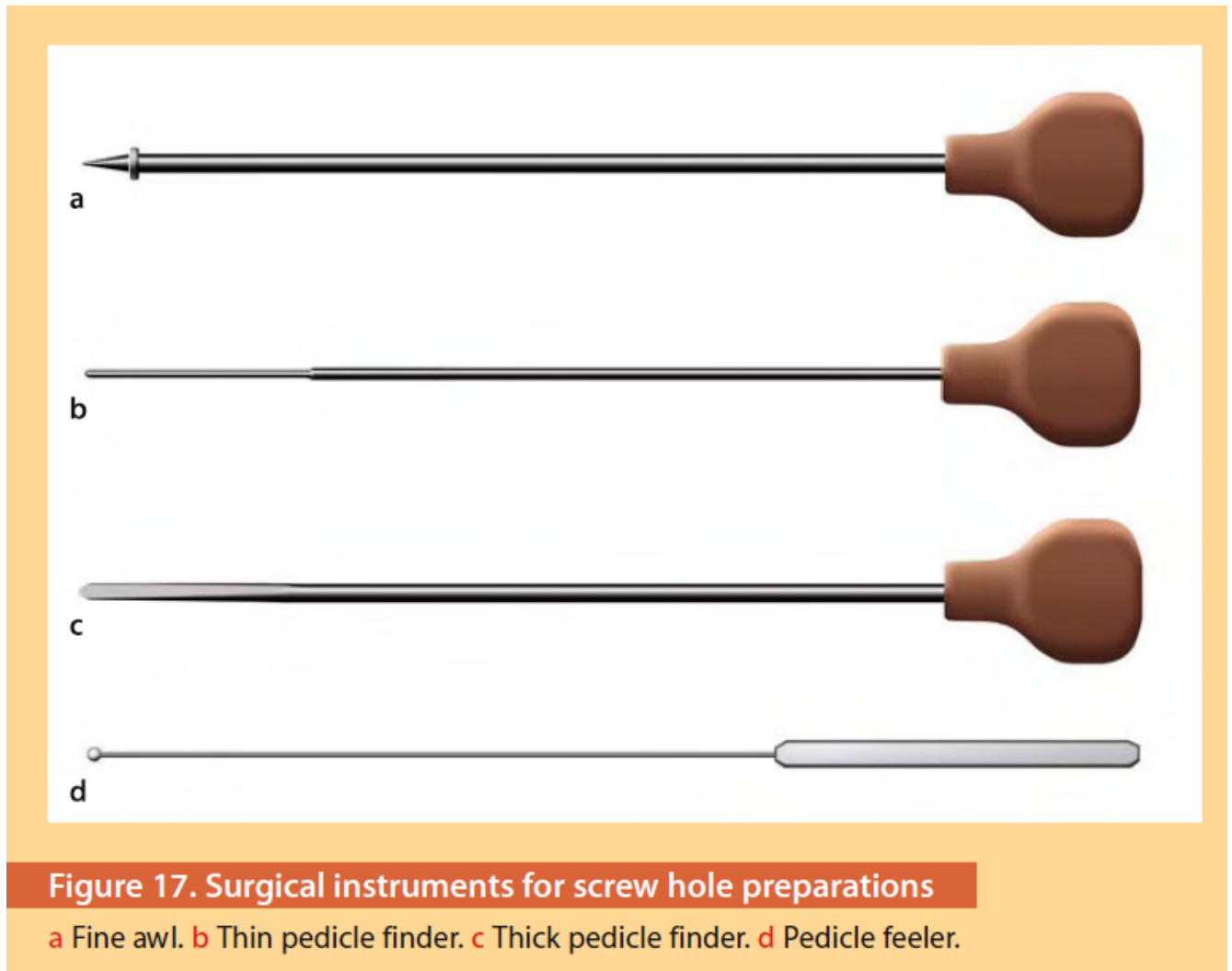
La presencia de las articulaciones costo-vertebral ofrece una expansión de la superficie ósea disponible para la salida lateral del pedículo con posterior reingreso en el cuerpo vertebral (18). Dvorak y asociados (1993) introdujeron un abordaje extrapedicular como una nueva técnica de fijación para la columna vertebral torácica, en la que no se utiliza el pedículo, sino un complejo virtual de estructuras que consisten en el pedículo y la cabeza de la costilla, así como un mayor grado de angulación respecto a la línea media, por lo que este punto de entrada ha sido considerado como una opción adicional durante el planeamiento quirúrgico previo de la instrumentación dorsal por diferentes cirujanos de columna (16).

#### 4.3 *Conceptos quirúrgicos para la colocación de tornillos pediculares*

En cuanto a la zona de seguridad para la colocación de tornillos pediculares en la columna torácica, existen en la literatura alrededor de 52 técnicas distintas (22). La técnica a mano alzada para la colocación de tornillos pediculares en la columna torácica, ofrece al cirujano la posibilidad de realizar una instrumentación segura disminuyendo la irradiación, sin embargo, depende de la habilidad del cirujano y del conocimiento adecuado de la anatomía de la región. Como se ha descrito ampliamente, los tornillos colocados con adecuada técnica dejan el implante completamente aislado de las estructuras importantes 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 (17).

En la técnica quirúrgica convencional el paso inicial en la inserción del tornillo pedicular es la creación del tracto en el pedículo utilizando una lezna pedicular. Después de esto se debe usar el

palpador para detectar las probables violaciones de las paredes pediculares. Lehman y colaboradores fueron capaces de demostrar que la capacidad de detectar las infracciones de la anatomía pedicular por palpación tiene variabilidad y es una habilidad aprendida que mejora con la experiencia y depende directamente de cirujano de columna que lleve a cabo este procedimiento (ver figura 2 instrumental quirúrgico para preparación de trayecto pediculares).



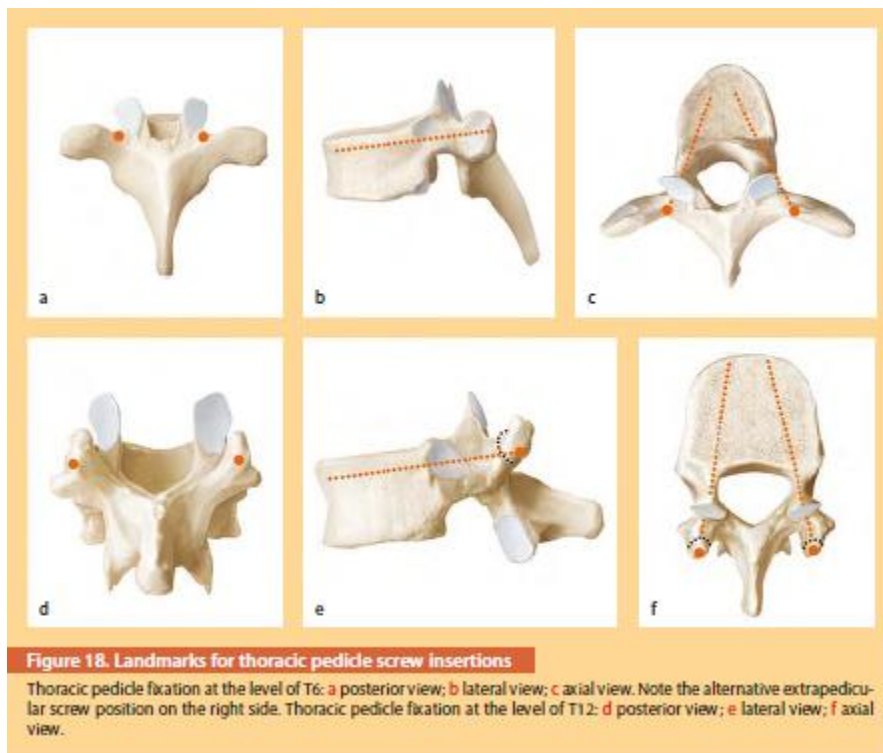
**Figura 2.** Instrumental quirúrgico para preparación de trayecto pedicular. Tomado de Boss N, Aebi M. Spinal Disorders. Fundamentals of Diagnosis and Treatment. Springer 2008.

Es posible definir una zona de seguridad para la colocación de los tornillos pediculares sin encontrar ninguna complicación secundaria a la mala posición del tornillo (6, 18,24). Al realizar las diferentes revisiones, se ha encontrado que la forma anatómica de las facetas articulares así como la disposición de las apófisis espinosas hacen que la lámina vertebral pueda ser disecada ampliamente y de forma adecuada, logrando una amplia exposición de las apófisis transversas, esenciales para el adecuado posicionamiento de los tornillos

Encontrar el punto de entrada juega un papel fundamental durante la realización de una instrumentación transpedicular a nivel torácico y para poder realizarlo es necesario ubicar correctamente 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. 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; 2) una zona peligrosa, en la cual la invasión del canal es casi 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 (6,18,24). Por tanto conocer la anatomía, las diferentes técnicas y sus zonas seguras de entrada al pedículo se convierte en un elemento fundamental para el cirujano de columna en búsqueda de un resultado exitoso con la instrumentación posterior de los pacientes (Ver figura 3 marcas para inserción de tornillos pediculares torácicos).

Al considerar la superioridad de este sistema de fijación con respecto a otras formas de artrodesis dorsal y reconocer su alto nivel de exigencia y probabilidad de complicaciones fatales para los pacientes, durante las últimas décadas se han ido desarrollando diferentes técnicas que buscan disminuir la probabilidad de error y lesiones asociadas durante este procedimiento. Desde el uso del palpador intraoperatorio hasta elementos tecnológicos de neuronavegación e imagenología intraoperatoria han sido propuestos durante los últimos años por múltiples grupos de cirugía de columna que buscan optimizar los resultados y aumentar la seguridad del paciente en un procedimiento que en manos expertas arroja excelentes resultados (15,17,23).

Assakar et al encontraron una mayor precisión en la colocación de los tornillos transpediculares torácicos usando guía con tomografía en comparación con fluoroscopia estándar con una única vista lateral. Estos autores no utilizaron proyecciones anteroposteriores o proyecciones axiales fluoroscópicas, ni tampoco durante estos procedimientos se describe la realización de foraminotomía intraoperatoria para una adecuada palpación de la pared medial del pedículo (13). En otros estudios en los cuales si se utilizan todas las proyecciones disponibles y se cuenta con personal entrenado no se ha logrado una diferencia estadísticamente significativa entre las diferentes ayudas imagenológicas para guiar el paso de tornillos pediculares, siendo hoy en día el uso de fluoroscopia permanente el apoyo imagenológico usado por la mayoría de cirujanos de columna en nuestro país (22).



**Figura 3.** *Marcas para inserción de tornillos pediculares torácicos* Tomado de Boss N, Aebi M. Spinal Disorders. Fundamentals of Diagnosis and Treatment. Springer 2008.

La evaluación de la ubicación del tornillo utilizando tomografías computarizadas intraoperatorias ha demostrado mejorar la precisión de la colocación de los tornillos en

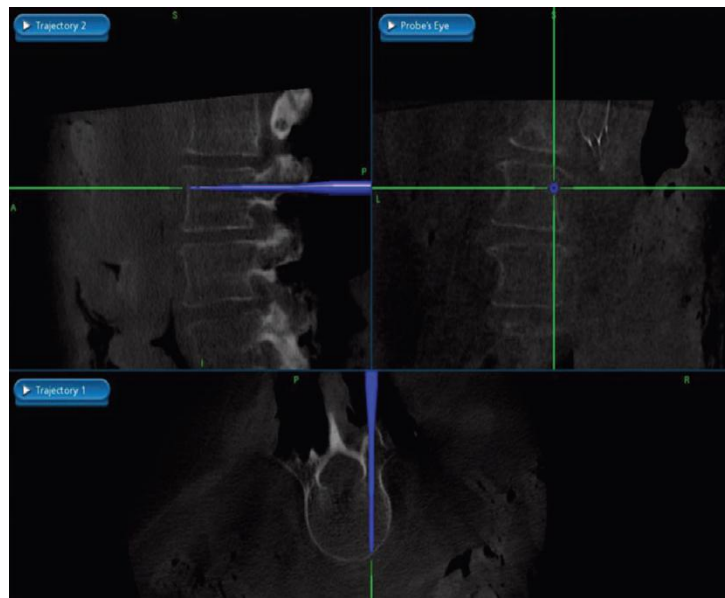
comparación con el uso de ayudas con rayos X (13,16). En diferentes estudios se ha encontrado una adecuada correspondencia entre las interpretaciones de los hallazgos imagenológicos y los hallazgos en las disecciones anatómicas realizadas en cadáveres (9, 12,15). De igual forma se ha propuesto el uso de la tomografía computarizada después de la cirugía y posterior a la colocación de tornillos pediculares torácicos cuando existen preocupaciones en el grupo quirúrgico con respecto a las violaciones laterales, mediales o anteriores del material de instrumentación usado durante el procedimiento (14,15).

El estándar de oro para detectar la violación pedicular durante la colocación de tornillos pediculares en estudios cadavéricos ha sido la disección anatómica con observación directa y es por esto que pese a los múltiples avances tecnológicos de los últimos años el conocer la anatomía básica del paciente y realizar una adecuada disección continua siendo el elemento más importante para lograr una instrumentación transpedicular segura. Yoo et al encontraron que la sensibilidad y especificidad de la tomografía intraoperatoria para detectar la posición adecuada de los tornillos pediculares corresponde al 70% y 89%, respectivamente (23). En un estudio en el que se comparó la tomografía y la observación de estructuras anatómicas de forma directa en el intraoperatorio, se encontró que la tomografía cuenta con una sensibilidad del 86%, especificidad del 85% con un valor predictivo positivo del 95% y un valor predictivo negativo de 62% definiéndose que en algunas oportunidades la tomografía tiende a sobreestimar las violaciones de la pared medial del pedículo en estos procedimientos (17). Sapkas et al revisaron las imágenes por radiografía simple y por tomografía computarizada de 220 tomas pediculares realizadas en 35 pacientes y no lograron detectar diferencias estadísticamente significativas entre estas dos ayudas diagnósticas en cuanto a su habilidad para detectar la violación de los límites pediculares (15).

El advenimiento de la navegación guiada por imagen ha mejorado la precisión en la colocación de los tornillos pediculares debido a la orientación tridimensional (ver figura 4, planeamiento con navegación para tornillos pediculares). Rajasekaran et al (17), en un estudio aleatorizado comparando la instrumentación transpedicular sin neuronavegación frente a la inserción del tornillo pedicular con neuronavegación en tornillos pediculares torácicos demostraron una tasa de violación de los límites del pedículo significativamente menor para la inserción guiada con



neuronavegación. Además demostraron que el tiempo de inserción del tornillo y exposición a la radiación se redujo para la inserción del tornillo en los que se uso neuronavegación lo cual disminuye la morbilidad a largo plazo en el quipo quirúrgico, la duración de cirugía y anestesia y la probabilidad de complicaciones en el postoperatorio. Kotani y colaboradores (20) también compararon la colocación asistida con guía fluoroscópica y la instrumentación asistida con tomografía axial computarizada y neuronavegación observándose un aumento de las tasas de perforación en aquellos pacientes en los que se usaban los métodos convencionales de imágenes intraoperatorias.



**Figura 4.** *Planeamiento con navegación para tornillos pediculares* .Tomado de Edward R. Validity of Surgeon Perception of Navigated Pedicle Screw Position. *SPINE* Volume 36, Number 15, p E1027–E1032

## 5. Objetivos

### 5.1 *Objetivo General*

Determinar la validez del uso del palpador pedicular en el diagnóstico de la integridad del trayecto pedicular torácico.

### 5.2 *Objetivos específicos*

- Determinar la validez del uso palpador pedicular para diagnosticar la violación de las paredes del pedículo torácico.
- Evaluar el grado de acuerdo que existe en el diagnóstico de la integridad y violación pedicular dependiendo de la experiencia del cirujano de columna.
- Determinar el grado de acuerdo que existe entre la localización precisa del sitio de ruptura del trayecto pedicular y el nivel de experiencia del cirujano.
- Evaluar si existen diferencias en cuanto a la precisión del diagnóstico de lesiones del trayecto pedicular dependiendo de la localización.

## 6. Metodología

### 6.1 Tipo de estudio

Estudio prueba diagnóstica

### 6.2 Población de referencia y muestra

Se utilizaron 2 especímenes cadavéricos disponibles en el laboratorio de anatomía de la Universidad del Rosario, de hombres mayores a 18 años, los cuales habían tenido procesos de preparación y congelación similares.

Tamaño de muestra: Se calculó un tamaño de muestra de 30 observaciones para cada evaluador con un nivel de confianza de 0.05, un poder de 0.8 y una clasificación acertada del 80% de las veces, para un total de 120 mediciones

### 6.3 Criterios de elegibilidad

#### Criterios de inclusión

- Especímenes cadavéricos de personas mayores de 18 años disponibles en el laboratorio de morfología.
- Especímenes cadavéricos frescos congelados que no presentaron fracturas torácicas ni instrumentaciones previas
- Se incluyeron cuatro cirujanos de columna, con diferentes niveles de experiencia y formación los cuales no conocían previamente el estado real de los pedículos torácicos.

### Criterios de exclusión

- Cadáveres con lesiones óseas que alteran adecuada canalización trayecto pedicular.
- Pedículos torácicos que durante la realización del trayecto pedicular sufran lesiones que impidan la comprobación del mismo.
- Cadáveres de personas menores de 18 años.

### *6.4 Variables*

#### 1. Cuerpo vertebral torácico

Se incluyeron cuerpos vertebrales torácicos de todos los niveles, desde el nivel uno al doce, los cuales se identificaron según la localización y se midieron como torácicos altos de uno a cuatro, medios de cinco a ocho y bajo de nueve a doce.

#### 2. Punto de entrada pedicular

Se localizaron puntos de entrada pedicular en 30 cuerpos vertebrales torácicos, según reparos anatómicos, los cuales no fueron cambiados en la valoración de los cuatro cirujanos de columna.

#### 3. Localización de ruptura pedicular

Los pedículos evaluados por los cirujanos de columna fueron clasificados como íntegros o lesionados, estos últimos fueron medidos según la localización de la lesión en medial, lateral y anterior.

#### 4. Experiencia del cirujano de columna

Los cuatro cirujanos de columna en diferentes niveles de entrenamiento evaluadores fueron: neurocirujano experto en cirugía de columna vertebral (evaluador 1), residente mayor de neurocirugía (evaluador 2), residente intermedio de neurocirugía (evaluador 3) y residente de primer año (evaluador 4).

### 5. Tiempo de evaluación

Los cuatro de cirujanos de columna evaluaron los especímenes cadavéricos de manera independiente sin conocer los resultados de los otros evaluadores.

### 6. Características de los especímenes

Durante la evaluación de los cirujanos de columna los especímenes frescos congelados del laboratorio de anatomía se encontraban en las mismas características de congelación y preparación.

#### 6.5 Técnica de recolección de información

El investigador principal del estudio asistió al laboratorio de anatomía, en donde registro los hallazgos que los 4 cirujanos de columna realizaron en 30 pedículos torácicos. Estas evaluaciones fueron registradas en una tabla en donde se enumeraron los 30 pedículos en el mismo orden para todos los evaluadores y clasifican la evaluación como pedículo normal (íntegro) o anormal (violado), en este caso se especifico si la lesión fue medial, lateral o anterior (ver tabla 1).

**Tabla 1.** . *Tabla recolección de datos.*

PEDICULO	EVALUADOR
1	Normal
2	Anormal-lateral
3	Anormal- medial
4	Anormal.- anterior

#### 6.6 Materiales y métodos

Se utilizaron dos cadáveres frescos congelados en el laboratorio de anatomía de la Universidad del Rosario, en los cuales se seleccionaron las vertebrae torácicas obteniendo 30 pedículos vertebrales

torácicos en condiciones óptimas para el estudio. Posteriormente en cada uno de los dos especímenes se realizaron abordajes mediales torácicos seguidos de disecciones subperiosticas bilaterales por planos musculares superficiales y profundas hasta columna, se identificaron laminas bilaterales, facetas articulares y apófisis transversas simulando la exposición in vivo lograda antes de la colocación del tornillo pedicular. Bajo visión directa se inicio la toma pedicular en 30 pedículos torácicos, iniciando con un punzón pedicular y posteriormente se utilizo una lezna de 3.2mm. Se creó una violación pedicular al azar por un cirujano de columna entrenado en la pared anterior, medial o lateral de 19 pedículos y en 11 pedículos se dejo el trayecto pedicular integro. Cuatro evaluadores los cuales no tenían conocimiento previo de la integridad y localización de las violaciones, sondearon los tractos pediculares con un palpador recto de 2.4mm para determinar las posibles violaciones. En este estudio, un pedículo con una lesión/ violación se clasificó como pedículo anormal y un pedículo sin violación fue clasificado como pedículo normal. En este punto los cuatro evaluadores tenían disecados de manera parcial, similar a las disecciones en vivo, los especímenes cadavéricos y la parte medial del espécimen fue cubierto con un campo quirúrgico con lo cual no podían identificar si existía o no lesión de alguna de las paredes pediculares. Se utilizo un único palpador recto flexible con punta redonda el cual fue usado por cuatro cirujanos, ciegos e independientes en diversos niveles de entrenamiento: neurocirujano experto en cirugía de columna vertebral (evaluador 1), residente mayor de neurocirugía (evaluador 2), residente intermedio de neurocirugía (evaluador 3) y residente de primer año (evaluador 4). Cada observador tenía experiencia quirúrgica en la colocación de tornillos pediculares torácicos correlacionada con su nivel de entrenamiento.

Cada evaluación fue realizada en un único momento, al azar, no secuenciales por cada cirujano, en un tiempo de diferencia no mayor de 12 horas y de manera independiente. Los hallazgos del cirujano se registraron, en el caso de determinar un pedículo anormal (violado) se registró la localización de la violación como medial, lateral y anterior.

Finalmente el cirujano de columna experto quien realizo la toma pedicular completo las disecciones anatómicas vertebrales y comprobó de manera directa cual era la posición real en los pedículos torácicos

### 6.7 Plan de análisis de resultados

El primer resultado analizado fue medir la validez y precisión en la evaluación que realizaron los 4 cirujanos de columna determinando la localización exacta del trayecto pedicular, clasificando los pedículos como normales (íntegros) o lesionados (violados) y en este último caso determinando si la localización fue medial, lateral o anterior se realizó a través del coeficiente Kappa utilizando el intervalo de confianza de 95% (ver tabla 2).

**Tabla 2.** Prueba diagnóstica vs estándar de oro

Prueba diagnóstica	Estándar de oro		
	Anormal	Normal	Total
Anormal	66	6	72
Normal	10	38	48
Total	76	44	120

El segundo análisis se realizó midiendo la sensibilidad, especificidad, valor predictivo positivo (VPP) y valor predictivo negativo (VPN). La sensibilidad fue la probabilidad con la cual se detectó una violación en los pedículos que se encontraban anormales (19 pedículos) y la especificidad era la probabilidad de que un trayecto pedicular normal se identificara correctamente (11 pedículos). El valor predictivo positivo (VPP) se definió como la capacidad de un observador para predecir la presencia de una violación, y el valor predictivo negativo (VPN) se definió como la capacidad del observador para predecir la ausencia de una violación. Además, se determinó la capacidad para determinar correctamente la ubicación de la violación, si estaba presente. La sensibilidad, la especificidad, el VPP y el VPN fueron presentados mediante porcentajes.

Comprobando la integridad del trayecto pedicular torácico:  
¿Es válido el uso del palpador pedicular? Técnica en cadáveres.

Daniel Moreno Mora

El tercer y último análisis consistió en la medición del área bajo la curva ROC para determinar la precisión del uso del palpador pedicular en el diagnóstico de la integridad del trayecto pedicular en los 30 pedículos torácicos estudiados.

Los datos estadísticos se analizaron con el programa Stata versión 12 (StataCorp. 2011. Stata Statistical Software: Release 12. College Station, TX: StataCorp LP)



## **7. Aspectos éticos**

Según la resolución 8430 de 1993 en la cual se establecen las normas científicas, técnicas y administrativas para la investigación en salud, el estudio actual está incluido en el capítulo seis sobre la investigación en órganos, tejidos y sus derivados, productos y cadáveres en seres humanos, artículos 47 y 48, por lo cual esta investigación se realizó con el debido respeto al cadáver humano y conforme a las normas relacionadas con disposición de órganos, tejidos y cadáveres de seres humanos.

Durante las disecciones anatómicas realizadas en el laboratorio de anatomía, se tomaron en cuenta todas las medidas de bioseguridad establecidas en el Manual de Bioseguridad de la Organización Mundial de la Salud (30). Se clasificó e de riesgo de infección de dichas prácticas en el laboratorio en el grupo de riesgo I en el cual existe escaso riesgo para el individuo y la comunidad (26).

## 8. Organigrama



## 9. Cronograma

Actividad	Agosto a diciembre 2010	Enero a diciembre 2011	Enero a junio de 2012	Julio a diciembre de 2012	Año 2013	Año 2014	Enero a mayo 2015
Anteproyecto	X						
Revisión literatura							
Realización Protocolo	X	X					
Realización disecciones anatómicas			X				
Realización pruebas				X	X		
Recolección datos							
Análisis estadísticos						X	
Resultados finales							X
Presentación y publicación							

## 10. Presupuesto

### Personal

- Investigadores y Asistentes

(Los cuales tuvieron un trabajo aproximado de 4 horas semanales cada uno)

\$1'000.000.

### • Asesoría de Análisis Estadístico de los datos

\$200.000.

### • Gastos Administrativos

- Bibliografía
- Comunicaciones
- Papelería
- Fotocopias
- Publicación
- Otros insumos

\$1'800.000

### TOTAL

\$ 3'000.000 (Tres millones de pesos)

## 11. Resultados

La medición de la precisión y validez, en relación a la concordancia con el estándar de oro y el porcentaje de la localización correcta para la integridad pedicular de cada evaluador se muestran en la tabla 3. La precisión en el diagnóstico de la integridad pedicular varío según el nivel de entrenamiento y experiencia de cada cirujano y la exactitud, medida en porcentaje, disminuyó a medida que el nivel de experiencia del cirujano disminuyó. El evaluador 1, cirujano de mayor experiencia, tuvo la mayor exactitud con un coeficiente Kappa de 0.95, es decir un acuerdo casi perfecto, en comparación con un coeficiente Kappa de 0.67, acuerdo sustancial, del evaluador 4 quien fue el de menor experiencia. El coeficiente Kappa para el evaluador 2 fue 0.86 y para el evaluador 3 fue 0.77, lo cual indica una concordancia considerable o sustancial, esta primera medición coincidió con el porcentaje de localización correcta, en el evaluador 1 fue de 96.67%, evaluador 2 89.66%, evaluador 3 83.33% y evaluador 4 76.67% lo cual está en relación directa con el grado de experiencia del evaluador, resultados mostrados en tabla 4.

**Tabla 3.** Caracterización de los resultados de la evaluación del trayecto pedicular.

	ESTAND AR DE ORO	EVALUAD OR 1	EVALUAD OR 2	EVALUAD OR 3	EVALUAD OR 4
<b>INTEGR O</b>	11	10	10	9	8
<b>MEDIAL</b>	7	6	6	5	4
<b>LATERA L</b>	6	5	5	5	5
<b>ANTERI OR</b>	6	6	6	6	6

La sensibilidad para la detección de una violación en los pedículos que la presentaban fue excelente para evaluador 1, 94.7%, y fue disminuyendo con el gado de experiencia, para el evaluador 4 fue de 78.95%. La especificidad en el diagnostico de trayectos pediculares íntegros fue excelente para los evaluadores 1 y 2, 100 y 90% respectivamente, y disminuyo considerablemente en los evaluadores 3 y 4, 81.8% y 72.7%, ver tabla 4.

El VPP fue superior al 80% en todos los evaluadores, siendo excelente en el evaluador 1, 100%. El VPN fue superior en los evaluadores 1 y 2 y disminuyo de manera considerable en los evaluadores 3 y 4, 75 y 66% respectivamente, los resultados de sensibilidad, especificidad, VPP y VPN se muestran en la tabla 4.

**Tabla 4.** *Valores estadísticos. Coeficiente Kappa para localización correcta, validez de localización correcta, sensibilidad, especificidad, VPP, VPN de cada evaluador.*

Evaluador	Coeficiente Kappa	Validez				
		% de localización correcta	Sensibilidad %	Especificidad %	VPP %	VPN %
1	0.95	96.67	94.7	100	100	91.67
2	0.86	89.66	89.47	90	94.44	81.82
3	0.77	83.33	84.2	81.82	88.89	75
4	0.67	76.67	78.95	72.73	83.33	66.67

La precisión para la localización correcta de la violación del trayecto pedicular fue menor en las violaciones mediales, Kappa 0.78, lo cual indico mayor dificultad, dificultad intermedia para las violaciones laterales, Kappa 0.81 y las de menor dificultad las anteriores con un índice Kappa 0.86, estos resultados se muestran en la tabla 5.

**Tabla 5.** *Precisión y validez para localización correcta del sitio de lesión pedicular*

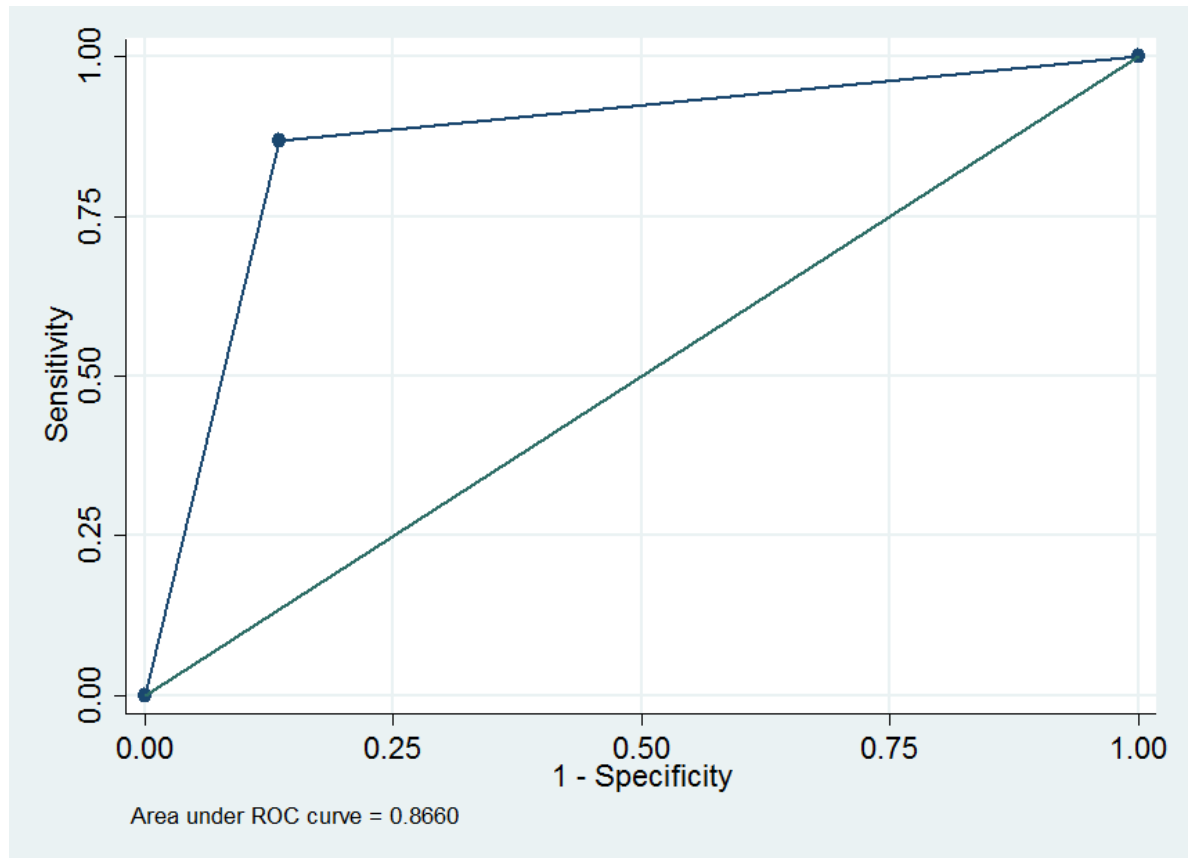
Localización	Kappa
Violación medial	0.78
Violación lateral	0.86
Violación anterior	0.81

Adicionalmente se realizo la medición de los resultados totales de los cuatro evaluadores comparándolos con la técnica estándar de oro determinada por los resultados finales de las disecciones anatómicas. Estos resultados mostraron que la sensibilidad y especificidad fueron altas superiores al 80%, siendo el VPN el de menor porcentaje. lo cual se muestra en la tabla 6.

**Tabla 6.** *Resultados generales de los cuatro evaluadores.*

VALORES	RESULTADOS TOTAL 4 EVALUADORES (%)
SENSIBILIDAD	86.8
ESPECIFICIDAD	86.3
VPP	91.6
VPN	79.1
CLASIFICACION CORRECTA	86.6

Finalmente se calculo la precisión del uso del palpador pedicular en el test diagnostico de la integridad pedicular a través del área bajo la curva ROC, obteniendo un valor de 0.86 lo que indico una precisión diagnostica buena, figura 5.



**Figura 5.** Área bajo la curva ROC



## 12. Discusión

El uso de tornillos pediculares en la instrumentación de columna torácica ha venido en aumento en el manejo de patologías degenerativas, traumáticas, infecciosas y congénitas (3, 4, 5, 6, 9), se han demostrado buenos resultados en el manejo de dichas patologías y en la corrección de deformidades espinales (4). En estos procedimientos la colocación correcta de los tornillos pediculares es fundamental para lograr una adecuada fusión ósea, corrección de deformidades en el eje sagital y coronal y para garantizar la seguridad del paciente, estudios han demostrado tasas de complicaciones que van de 1 a 30% secundarias al mal posicionamiento de tornillos pediculares (7, 10, 21,24). La precisión en la colocación de tornillos pediculares torácicos varía en las series revisadas, encontrando que 2-43% de tornillos pediculares sobrepasan las paredes pediculares o el cuerpo vertebral (15,17). Existen diversos factores que influyen en la adecuada posición final de los tornillos pediculares, los más destacados son tamaño del pedículo y tornillo, experiencia y formación del cirujano, imágenes intraoperatorias, técnica de colocación, patología espinal y condiciones propias del paciente. Hadlow et al encontraron complicaciones neurológicas relacionadas con el mal posicionamiento de los tornillos hasta en un 13% de los pacientes operados (8).

El estudio realizado evaluó la técnica más utilizada actualmente en el diagnóstico de la integridad pedicular, uso del palpador pedicular, previo a la colocación del tornillo transpedicular. Los resultados muestran que dicho procedimiento tiene un índice de precisión bueno en el diagnóstico correcto de la violación pedicular, área bajo la curva ROC de 0.86, sin embargo, es dependiente de la experiencia del cirujano que la realice. El cirujano de columna con mayor experiencia tuvo una precisión total de 96% con una sensibilidad de 94% y especificidad de 100%, existiendo una correlación directa entre nivel de experiencia quirúrgica, validez y precisión diagnóstica. En este estudio se evaluaron violaciones mediales, laterales y anteriores, sin embargo existen violaciones superiores e inferiores con tasas de frecuencia menor al 5%.

En relación con la localización exacta y precisión en el diagnóstico de la pared pedicular lesionada, el estudio demostró que la detección de la lesión en las paredes lateral y anterior tienen menor

dificultad comparado con las lesiones mediales e igualmente tienen una correlación directa con el grado de experiencia del cirujano.

En los estudios evaluados las lesiones neurológicas por mal posicionamiento medial del tornillo son reportadas entre 2-24%, evidenciando déficit neurológico permanente y transitorio, esto explicado por distribución anatómica típica de la región torácica, en la cual el saco dural se encuentra inmediatamente medial a los pedículos y las raíces nerviosas discurren superior e inferior a los pedículos a medida que abandonan el saco dural, con una distancia media entre 2-4mm (8, 12,22).

En relación con las lesiones anteriores, no se han reportado compromiso intraoperatorio de la arteria aorta en la colocación del tornillo, sin embargo se han reportado lesiones tardías de la pared arterial aortica por colocación anterior del tornillo, por lo cual algunos autores deciden el retiro profiláctico y reposicionamiento de dichos tornillos (25), en el estudio actual el diagnóstico de la lesión pared anterior fue el que evidencio mayor precisión y menor dificultad.

Las lesiones laterales del trayecto pedicular han sido reportadas entre un 0.4-29% evidenciando que perforaciones laterales de hasta 6mm siendo toleradas por los pacientes y sin compromiso pulmonar (11).

En la anatomía de la columna torácica existen algunas características típicas de esta región, los pedículos torácicos tienen un diámetro mediolateral significativamente menor que el diámetro superoinferior con menor inclinación medial, en nuestra población colombiana los pedículos tienen una longitud promedio de 10.7mm, no hay diferencias en relación con el pedículo contralateral y los diámetros disminuyen progresivamente de T1 a T5 y vuelven a aumentar de T6 a T12 (22).

En los últimos años se han desarrollados diferentes técnicas intraoperatorias para disminuir la tasa de complicaciones secundarias al mal posicionamiento de tornillos pediculares y aumentar la adecuada colocación de los mismos (14, 15, 17,23); Assakar et al encontró una mayor precisión en la colocación

de los tornillos transpediculares torácicos usando tomografía constante intraoperatoria en comparación con fluoroscopia estándar con una única vista lateral (13).

El estándar de oro para detectar la violación pedicular durante la colocación de tornillos pediculares en estudios cadavéricos ha sido la disección anatómica y la observación directa de los mismos y es por esto que a pesar de los múltiples avances tecnológicos de los últimos años el conocer la anatomía básica del paciente y realizar una adecuada disección continua siendo el elemento más importante para lograr una instrumentación transpedicular segura (6, 7,18). Yoo et al realizó un estudio en el que se comparaba la tomografía con la observación de las estructuras anatómicas de forma directa en el intraoperatorio se encontró que la tomografía cuenta con una sensibilidad del 86%, especificidad del 85% con un valor predictivo positivo del 95% y un valor predictivo negativo de 62% definiéndose que en algunas oportunidades la tomografía tiende a sobreestimar las violaciones de la pared medial del pedículo en estos procedimientos (25). Rajasekaran et al, en un estudio aleatorizado comparando la instrumentación transpedicular sin neuronavegación frente a la inserción del tornillo pedicular con neuronavegación en tornillos pediculares torácicos demostraron una tasa de violación de los límites del pedículo significativamente menor para la inserción guiada con neuronavegación (17).

El presente estudio evaluó la precisión del uso del palpador en el diagnóstico de la integridad pedicular en cirujanos con diferentes niveles de entrenamiento quienes no contaban con ayudas adicionales durante el procedimiento, no conocían el estado previo de los pedículos torácicos ni imágenes radiológicas en las cuales se pudieran obtener valores anatómicos exactos, igualmente las relaciones anatómicas superficiales no eran visibles, por lo anterior, el cirujano se centraba exclusivamente en la capacidad de diagnosticar la integridad pedicular con el uso de un instrumento sin ayudas pre o intraquirúrgicas. Finalmente dos aspectos fundamentales a destacar, el primero es que el número de violaciones pediculares realizadas de manera aleatoria en este estudio son superiores a las que normalmente un cirujano de columna se ve enfrentado en su práctica diaria y los especímenes utilizados en el estudio no presentaban deformidades angulares importantes como suele ocurrir en los procedimientos quirúrgicos.

### **13. Conclusiones**

- El uso del palpador pedicular representa una prueba diagnóstica con buena precisión en la evaluación del trayecto pedicular.
- La experiencia del cirujano y el nivel de formación son determinantes fundamentales en la correcta evaluación de la integridad pedicular torácica.
- La dificultad en el diagnóstico de la violación del trayecto pedicular varía según la pared del trayecto que se encuentre comprometida.
- Las violaciones anteriores y laterales del trayecto pedicular representan menor dificultad diagnóstica que las de la pared medial
- El uso de imágenes intraoperatorias, monitoreo y el paso de tornillos guiado constantemente por imágenes intraoperatorias aumenta la seguridad y eficacia en la posición de los tornillos transpediculares y disminuye las complicaciones.

#### 14. Referencias bibliográficas

1. 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. Moreno D. Procedimientos Quirúrgicos Servicio Neurocirugía Hospital Universitario Mayor. Diciembre 2014.
4. Suk SI, Lee CK. Segmental pedicle screw fixation in the treatment of thoracic idiopathic scoliosis. *Spine* 1995; 20: 1399.
5. Gaines RW Jr. The use of pedicle-screw internal fixation for the operative treatment of spinal disorders. *J Bone Joint Surg Am* 2000 ; 82-A : 1458 – 76
6. Cinotti G, Gumina S, Ripani M, et al. Pedicle instrumentation in the thoracic spine. *Spine* 1999;24:114–9
7. Castro WHM, Halm H, Jerosch J, et al. Accuracy of pedicle screw placement in lumbar vertebrae. *Spine* 1996;21:1320–4.
8. Hadlow SV, Fagan AB, Hillier TM, et al. The Graf ligamentoplasty procedure. Comparison with posterolateral fusion in the management of low back pain. *Spine* 1998;23:1172–9.
9. Esses SI, Sachs BL, Dreyzin V, et al. Complications associated with the technique of pedicle screw fixation. *Spine* 1993;18:2231–9.
10. Gertzbein SD, Robbins SE. Accuracy of pedicular screw placement in vivo. *Spine*. 1990; 15:11–14.
11. Vaccaro AR, Rizzolo SJ, Allardyce TJ, et al. Placement of pedicle screws in the thoracic spine: I. Morphometric analysis of the thoracic vertebrae. *J Bone Joint Surg Am* 1995;77:1193–9.
12. Luois R. Fusion of the lumbar and sacral spine by internal fixation with screw paltes. *CLin Orthop* 1986: 203:18-33.

13. Carbone JJ, Tortolani J, Quartararo LG. Fluoroscopically assisted pedicle screw fixation for thoracic and thoracolumbar injuries. Technique and short-term complications. *Spine*. 2003;28:91–97.
14. Kee d. Kim, Patrick Johnson, Babbitz, Image-guide thoracic pedicle screw placement: a technical study in cadavers and preliminary clinical experience. *Neurosurg Focus* 10 (2):Article 2, 2001.
15. Amiot LP, Labelle H, DeGuise JA, et al: Computer-assisted pedicle screw fixation. A feasibility study. *Spine* 20:1208–1212, 1995.
16. Vaccaro AR, Rizzolo SJ, Balderson RA, et al. Placement of pedicle screws in the thoracic spine. Part II: an anatomic and radiographic assessment. *J Bone Joint Surg*. 1995;77:1200–1206.
17. Youkilis AS, Quint DJ, McGillicuddy JE, et al. Stereotactic navigation for placement of pedicle screws in the thoracic spine. *Neurosurgery*. 2001; 48:771–778.
18. Panjabi MM, O’Holleran JD. Complexity of the thoracic spine pedicle anatomy. *Eur spine* 1997; 6: 19-24.
19. Edward R. Validity of Surgeon Perception of Navigated Pedicle Screw Position. *SPINE* Volume 36, Number 15, pp E1027–E1032
20. Grauer et al. Evaluation of a Novel Pedicle Probe for the Placement of Thoracic and Lumbosacral Pedicle Screws *J Spinal Disord Tech* Volume 17, Number 6, December 2004
21. Belmont PJ, Klemme WR, Dhawan A, et al. In vivo accuracy of thoracic pedicle screws. *Spine*. 2001;26:2340–2346.
22. Alvarado F.; Jaimes L.; Rojas C.; Torres-R. F.; Corona O.; Fletscher G.; Aplicación de tornillos transpediculares en la columna torácica: Descripción de la zona de seguridad según los hallazgos anatómicos en la población colombiana. Vol. 27 No. 1, 2013; 32-37.
23. Kalfas IH, Kormos DW, Murphy MA, et al: Application of frameless stereotaxy to pedicle screw fixation of the spine. *J Neurosurgery* 83:641–647, 1995.

24. Boss N, Aebi M. Spinal Disorders. Fundamentals of Diagnosis and Treatment. *Springer*. 2008.
25. Robert A. Hart, MD, Brenden L. Hansen, BS, Marie Shea, MS, Frank Hsu, MD, and Gregory J. Anderson, PhD† Pedicle Screw Placement in the Thoracic Spine. *Spine*. Volume 30, Number 12, pp E326–E331.
26. Manual de Bioseguridad en el Laboratorio. Organización mundial de la salud. Tercera edición.2005.

## 15. Anexos

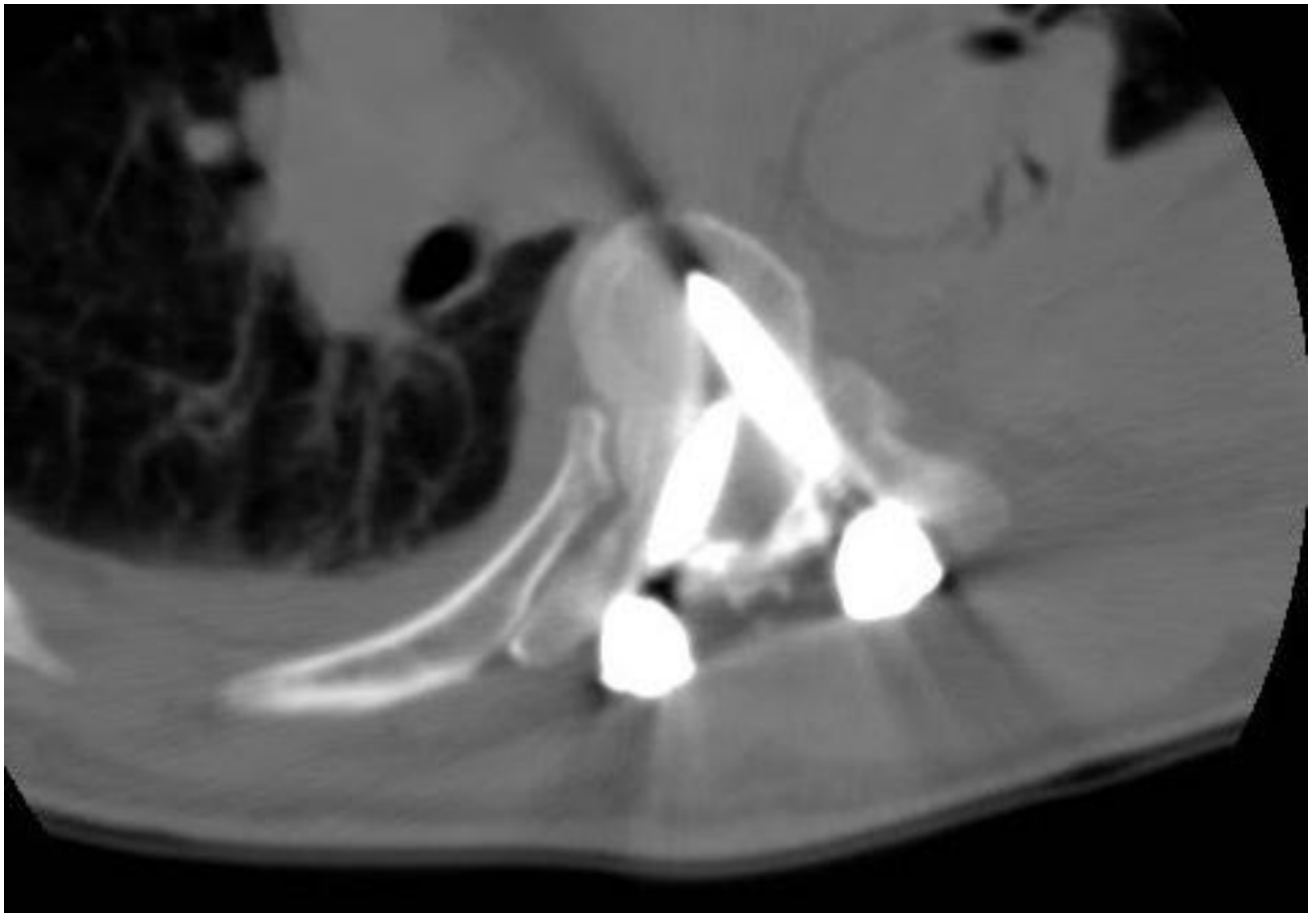


**Figura 6.** *Instrumentación transpedicular torácica medial y baja.* Muestra mal posicionamiento medial del tornillo T10 derecho y mal posicionamiento lateral del tornillo T7 izquierdo. Tomado del archivo personal del investigador principal.





**Figura 7.** *Instrumentación transpedicular torácica alta y medial.* . Muestra mal posicionamiento medial del tornillo T3 derecho y mal posicionamiento inferior del tornillo T4 izquierdo. Tomado del archivo personal del investigador principal



**Figura 8.** *Tomografía instrumentación transpedicular torácica.* Muestra mal posicionamiento medial del tornillo derecho. Tomado del archivo personal del investigador principal



**Figura 9.** *Dissección anatómica 1.* Se observa disección anatómica bilateral con pintos de entrada pedicular en segmento torácico medio.

Comprobando la integridad del trayecto pedicular torácico:  
¿Es válido el uso del palpador pedicular? Técnica en cadáveres.

Daniel Moreno Mora



**Figura 10.** *Dissección anatómica 2.* . Se observa disección anatómica bilateral con pintos de entrada pedicular en todo el segmento.



**Figura 11.** *Dissección anatómica 3.* . Se observa el uso del palpador evaluando la integridad pedicular.