

2019

DESCRIPCION MORFOLOGICA DE LOS PEDICULOS EN LA REGION  
TORACICA EN POBLACION DEL HOSPITAL GENERAL DE QUERETARO DE MARZO  
2017 A FEBRERO DEL 2018.

Dra. Brenda Olivia Bueno  
Quiñones



Universidad Autónoma de Querétaro  
Facultad de Medicina

DESCRIPCION MORFOLOGICA DE LOS PEDICULOS EN LA  
REGION TORACICA EN POBLACION DEL HOSPITAL GENERAL DE  
QUERETARO DE MARZO 2017 A FEBRERO DEL 2018.

Tesis

Que como parte de los requisitos para obtener el diploma  
de  
Especialidad Médica y Quirúrgica de los Padecimientos de  
la Columna Vertebral

---

Presenta

---

Dra. Brenda Olivia Bueno Quiñones.

Director de Tesis.

---

M. en C. Arturo García Balderas.



UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE QUERÉTARO  
 FACULTAD DE MEDICINA  
 ESPECIALIDAD MÉDICA Y QUIRÚRGICA DE LOS  
 PADECIMIENTOS DE LA COLUMNA VERTEBRAL

DESCRIPCIÓN MORFOLÓGICA DE LOS PEDICULOS EN LA REGIÓN  
 TORÁCICA EN POBLACION DEL HOSPITAL GENERAL DE QUERÉTARO DE  
 MARZO 2017 A FEBRERO DEL 2018.

TESIS

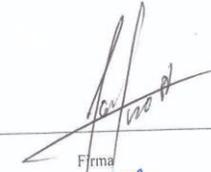
Que como parte de los requisitos para obtener el diploma  
 En: Especialidad Médica y Quirúrgica de los Padecimientos de la Columna Vertebral

**Presenta:**  
 Brenda Olivia Bueno Quiñones.  
 Med. Esp. En Traumatología y Ortopedia

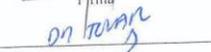
**Dirigido por:**  
 M. en E. Arturo García Balderas

SINODALES

Presidente: M. en C. Arturo García Balderas.

  
 Firma

Secretario: Med. Esp. José Tovar López.

  
 Firma

Vocal: Med. Esp. José Manuel Grimaldo Téllez.

  
 Firma

Suplente: Med. Esp. Jesús Cisneros Lambarri.

  
 Firma

Suplente: Dr. Nicolás Camacho Calderón.

  
 Firma

  
 Dra. Guadalupe Zaldivar Leio de Larrea  
 Director de la Facultad

  
 Dra. Ma. Guadalupe Flavia Lorea Piña  
 Director de Investigación y  
 Posgrado

Centro Universitario  
 Querétaro, Qro.  
 Marzo, 2019.  
 México

## **RESUMEN.**

En la evolución de las técnicas quirúrgicas eficientes para la instrumentación de columna, Boucher desarrolló hace varias décadas los tornillos pediculares para la columna lumbar siendo este el inicio al uso seguro y generalizado de los tornillos pediculares en la columna torácica. Son una alternativa a los alambres laminares, ganchos pediculares, ganchos transversos, así como para los ganchos facetarios y laminares. De acuerdo con Dennis mecánicamente los tornillos son superiores involucrando los tres pilares de la columna vertebral no solo el pilar posterior. Aunque existen métodos para el uso seguro de los tornillos pediculares en la instrumentación posterior de la columna torácica, el reconocimiento anatómico apropiado con sus variantes ayuda al éxito de su procedimiento quirúrgico. El objetivo General de este trabajo fue describir las características anatómicas de los pedículos torácicos en una muestra de la población del Hospital General de Querétaro, México, la cual difiere de otras poblaciones, como la europea o anglosajona siendo estas últimas el blanco para publicaciones científicas referentes al tema. La metodología que se utilizó para la Medición de los pedículos en tomografía axial computarizada, aislando pedículos torácicos describiendo altura, ancho y longitud, desde T1 hasta T12. Obteniendo los siguientes resultados: El promedio para el diámetro longitudinal:10.88mm, diámetro transverso: 6.98mm, diámetro Cefalocaudal: 5.75mm. Variaciones importantes para tener en cuenta al realizar una planificación quirúrgica. Se Concluyo que los sistemas de osteosíntesis para la instrumentación transpedicular torácica disponibles en México no todas cumplen con las características anatómicas para la población, así como variación en la morfología de los pedículos con formas en uso, arriñonada y gota a tener en cuenta en la planeación quirúrgica.

**(Palabras clave:** Pedículo torácico, instrumentación transpedicular, morfología pedicular).

## SUMMARY.

In the evolution of efficient surgical techniques for spinal instrumentation, Boucher developed the pedicular screws for the lumbar spine several decades ago, this being the beginning of the safe and generalized use of pedicle screws in the thoracic spine. They are an alternative to laminar wires, pedicle hooks, transverse hooks, as well as facet and laminar hooks. According to Dennis mechanically the screws are superior involving the three pillars of the spine not just the posterior pillar. Although there are methods for the safe use of pedicle screws in the posterior instrumentation of the thoracic spine, the appropriate anatomical recognition with its variants helps the success of its surgical procedure. The general objective of this work was to describe the anatomical characteristics of the thoracic pedicles in a sample of the population of the General Hospital of Querétaro, Mexico, which differs from other populations, such as the European or Anglo-Saxon, the latter being the target for scientific publications to the subject. The methodology that was used for the measurement of the pedicles in computerized axial tomography, isolating thoracic pedicles describing height, width and length, from T1 to T12. Obtaining the following results: The average for the longitudinal diameter: 10.88mm, transverse diameter: 6.98mm, Cefalocaudal diameter: 5.75mm. Important variations to take into account when performing surgical planning. It is concluded that the systems of osteosynthesis for the transpedicular thoracic instrumentation available in Mexico do not all meet the anatomical characteristics for the population, as well as variation in the morphology of the pedicles with forms in use, kidney and drop to be taken into account in the planning surgical.

**(Key words:** Thoracic pedicle, transpedicular instrumentation, pedicular morphology).

**DEDICATORIAS.**

Dedico este trabajo a mi familia.

## **AGRADECIMIENTOS.**

Agradezco a todas las personas que tuvieron que ver para lograr este trabajo, a mi familia, amigos, maestro y el personal de imagenología.  
Gracias.

## INDICE

	<b>Página</b>
Resumen	i
Summary	ii
Dedicatorias	iii
Agradecimientos	iv
Índice	v
Índice de cuadros	vi
Índice de figuras	vii
I. INTRODUCCION	1
I.1Objetivo general	2
II. REVISION DE LITERATURA	3
III. METODOLOGIA	18
III.1 Diseño de la investigación	18
III.2 Procedimiento o estrategia	18
III.4 Consideraciones éticas	18
III.5 Análisis estadístico	18
IV. RESULTADOS	19
V. DISCUSIÓN	24
VI. CONCLUSIONES	27
VII. LITERATURA CITADA	28
VIII. APÉNDICE.	31
IX. ANEXOS.	42

## INDICE DE CUADROS

<b>Cuadro</b>	<b>Página</b>
IV Medidas de tendencia central de los pacientes a los cuales se les realizaron mediciones de los pedículos de la vértebra T1	31
IV Medidas de tendencia central de los pacientes a los cuales se les realizaron mediciones de los pedículos de la vértebra T2.	31
IV Medidas de tendencia central de los pacientes a los cuales se les realizaron mediciones de los pedículos de la vértebra T3.	32
IV Medidas de tendencia central de los pacientes a los cuales se les realizaron mediciones de los pedículos de la vértebra T4.	33
IV Medidas de tendencia central de los pacientes a los cuales se les realizaron mediciones de los pedículos de la vértebra T5.	34
IV Medidas de tendencia central de los pacientes a los cuales se les realizaron mediciones de los pedículos de la vértebra T6.	35
IV Medidas de tendencia central de los pacientes a los cuales se les realizaron mediciones de los pedículos de la vértebra T7	35
IV Medidas de tendencia central de los pacientes a los cuales se les realizaron mediciones de los pedículos de la vértebra T8.	36
IV Medidas de tendencia central de los pacientes a los cuales se les realizaron mediciones de los pedículos de la vértebra T9.	37
IV Medidas de tendencia central de los pacientes a los cuales se les realizaron mediciones de los pedículos de la vértebra T10.	38

IV Medidas de tendencia central de los pacientes a los cuales se les realizaron mediciones de los pedículos de la vértebra T11.	38
IV Medidas de tendencia central de los pacientes a los cuales se les realizaron mediciones de los pedículos de la vértebra T12.	38
V Comparación de medidas entre Colombia y México.	40
V comparación de medidas entre Grecia y México.	
V Comparación de medidas entre Grecia y México.	41

## INDICE DE FIGURAS

<b>Figura</b>	<b>Página</b>
IV Distribución por edad en las mediciones realizadas en los pedículos torácicos.	19
IV Distribución por género en las mediciones realizadas en los pedículos Torácicos.	19
V Comparación entre la población colombiana y mexicana.	24
V Comparación diámetro transversal entre Grecia y México.	25
V Comparación diámetro transversal entre Grecia y México.	25

## **I.-INTRODUCCIÓN.**

El número de pacientes con enfermedades degenerativas de la columna vertebral se ha incrementado de forma importante en los últimos años. Se estima que entre 70-90% de la población en general sufre de dolor en la columna y que aproximadamente 4% requerirá tratamiento quirúrgico (Morales-Avalos 2012).

Dentro de las opciones quirúrgicas descritas en la bibliografía, se encuentra la fijación transpedicular, la cual, por su manipulación de las tres columnas descrita por Dennis, ofrece ventajas biomecánicas sobre otras instrumentaciones.

Debido a estas ventajas, se considera actualmente el método de elección quirúrgica a nivel mundial para la patología torácica de la columna vertebral, de acuerdo con la etiología es: degenerativo, vascular, infeccioso, metastásico, congénito y traumático.

Sin embargo, en México, aún existe resistencia por los cirujanos de columna experimentados, por diferentes causas, entre ellas es la falta de experiencia de otros grupos locales o regionales y temor a un fracaso en el procedimiento quirúrgico.

Existe la percepción que, aunque son implantes adecuados para el segmento torácico, existen otros sistemas conservadores que pueden ser más seguros para el paciente. Uno de los motivos más relevante para que no exista disposición por parte de los Ortopedistas – Cirujanos de columna para el uso de estos, es la anatomía propia del segmento torácico con las relaciones neurovasculares. El conocimiento de la técnica quirúrgica y de la anatomía para el posicionamiento de los tornillos pediculares en la columna torácica brinda a los pacientes las posibilidades de correcciones con menores deformidades residuales de forma segura y eficiente. Los tornillos pediculares son una opción dentro de la planeación quirúrgica que debe tenerse en cuenta, dadas sus ventajas biomecánicas en comparación a sistemas desarrollados con anterioridad.

Por lo que es de suma importancia determinar la morfología de los pedículos torácicos en la población que se atiende en el hospital a fin de tener una planeación quirúrgica, mejorar la colocación de los tornillos y posteriormente, el desarrollar implantes adecuados a nuestra

población ya que toda la osteosíntesis actualmente existente está basada de acuerdo con la tipología de la población anglosajona y europea que difiere en su composición ósea.

## I.2 OBJETIVO GENERAL

Determinar y describir la morfología de los pedículos de las vértebras torácicas o dorsales (longitud, altura, diámetro en el plano transversal y en el plano cefalocaudal) en pacientes sin patología en columna vertebral que acuden al Hospital General de Querétaro.

## II REVISION DE LA LITERATURA

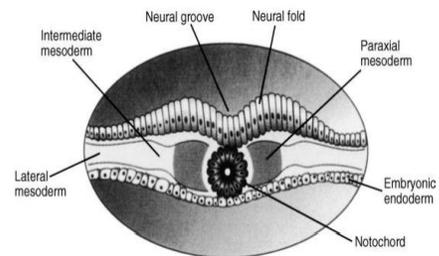
### II.1 Desarrollo embriológico.

El desarrollo de la columna humana comienza en el 17vo día de gestación.

Día 19 hay tres distintas columnas, donde se forman las somitas:

- 1) columna paraxial medial.
- 2) columna intermedia mesodermo.
- 3) placa mesodermo lateral.

FIGURA II. 1. DESARROLLO DE LAS DIFERENTES COLUMNAS



Fuente: (Kaplan, K. M., Spivak, J. M., & Bendo, J. A. (2005). *Embryology of the spine and associated congenital abnormalities*. *The Spine Journal*, 5(5), 564–576.)

Para el desarrollo de la columna espinal se enfoca en columna paraxial medial. El esclerotomo, miotomo, notocorda, y tubo neural se desarrollará el complejo discoligamentario.

Esta formación se da en diferentes etapas:

- a) Precartilaginosa 4-5 semana.

- b) Cartilaginosa semana 6-7.
- c) Osificación semana 8 en adelante. (harryn.Herkowitz,Steven R. Garfin, frankj. Eismont, Gordon R. Bell, Richard A. Balderston.2011)

La columna paraxial medial desarrollara de 42 a 44 somitas en los días posteriores, las somitas se desarrollarán con una direccion cráneo-caudal. Cada somita se desarrollará en dos regiones mayores. La región dorsolateral que dará origen a dermatoma y miotomas, que eventualmente maduraran a la musculatura paravertebral y la piel que cubrirá, respectivamente, la región ventromedial, el esclerotomo es el precursor de la columna vertebral humana.

La formación de cada vertebra humana comienza en la semana 4-5 por el proceso de Resegmentación. Posteriormente, se continua la fase cartilaginosa y finalmente la osificación que continua hasta después del nacimiento aproximadamente hasta los 25 años (Thieme et al., 2011).

## II.2 Anatomía.

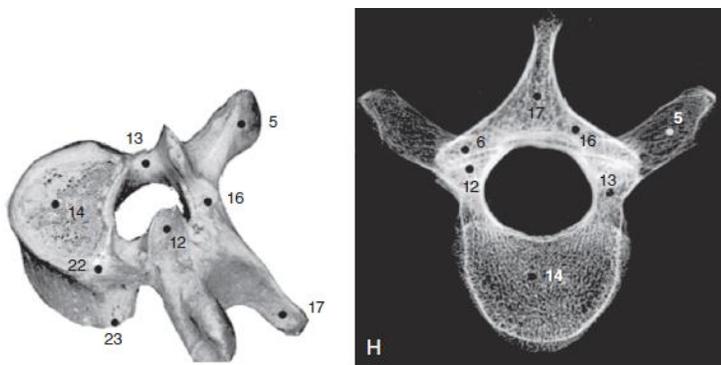
La anatomía de las vértebras torácicas se diferencia por tener articulación con las costillas; la articulación costotransversa, además de que el cuerpo tiene forma de corazón y el canal medular es circular, las facetas articular para las costillas se encuentran ubicadas en el cuerpo vertebral y en proceso transverso (Spine 2014). El canal espinal torácico es el más angosto, la región más estrecha es de T4a T9, con un promedio en el adulto en diámetro A-P de 14mm a 15mm en la vértebra T6. Este estrechamiento predispone a menos aporte vascular que otros segmentos. (Dura and True, 2002).

En la región posterior se caracteriza por tener unas espinosas largas y delgadas, apuntando hacia abajo y sobreponiéndose al arco vertebral de la vértebra inferior, el proceso transverso esta angulado posteriormente, dejando las costillas para pasar anterior a ellas. (Vaccaro R, Alexander, 2005).

En la columna torácica superior los pedículos son ovales y verticales, están localizados entre las facetas articulares superior e inferior y se extiende hacia arriba del cuarto inferior de la faceta superior, tienen una angulación de 20° hacia dentro y 15° de cefalocaudal.

En la columna torácica media la angulación hacia línea media es de 10° y angulación cefalocaudal de 10°, los pedículos toracolumbares tienen un promedio de 8mm de ancho y una angulación hacia línea media de 5°. (Ramani PS, 2010).

FIGURA II. 2. ANATOMÍA VERTEBRA TORÁCICA:



Se señalan por el número las diferentes componentes: 5: proceso transversal, 12: proceso articular superior, 13: pedículo, 14: cuerpo, 16: lamina, 17: proceso espinoso, 22: semifaceta superior para cabeza costilla, 23: semifaceta inferior para cabeza de costilla. Fuente: Harry N. Herkowitz, Steven R. Garfin, Frank J. Eismont, Gordon R. Bell, Richard A. Balderston. (2011) *Rhotman-Siomeone the Spine* (6ed), Applied Anatomy of the Spine (p 18), Philadelphia: Elsevier.

### II.3 Biomecánica.

En cuanto a la biomecánica, se divide la columna torácica en tres regiones: torácica superior de T1 a T4, torácica media de T5 a T9, columna torácica inferior de T10 a T12, el rango de movimientos en flexo-extensión, en la columna superior un promedio de 4°, 6° en porción media y en la porción inferior de 12°, en el plano frontal; en el movimiento lateral hay un

promedio de movimiento 6° de movimiento en la columna torácica superior, con 8°-9° en los 2 segmentos inferiores, en el plano horizontal con un movimiento de rotación axial 8°-9° en mitad superior torácica. (White III and Manohar 1990).

Estas características anatómicas y biomecánicas únicas de la columna torácica asociada a las estructuras anatómicas circundantes de la columna torácica que se pueden lesionar durante la aplicación de tornillos transpediculares, por lo que es indispensable un conocimiento profundo de la morfología de los pedículos que permita una técnica adecuada para la colocación de tornillos transpediculares.

#### II.4 Morfología pedículos en diferentes poblaciones.

En diferentes poblaciones hay mediciones de pedículos torácicos para el diseño de diámetro adecuados de tornillos para su población; un ejemplo de esto son en la población griega en quienes sus dimensiones promedio de pedículos torácicos son: en el diámetro transversal externo < 6 mm en T2, T3, T4, T5, T6, T7, T8 y T9, en T10 excede los 6 mm, y el más angosto fue T5 con 5.09 mm, el diámetro sagital externo fue T11 con el diámetro más amplio con 17,02 mm, el más angosto fue en T1 con 8.90 mm, de T2 a T6 con promedio de 7 mm, debajo de T10 excede los 10 mm de diámetro, en el diámetro transversal interno, el diámetro más angosto fue en T5 con 3.90 mm, en T10 excede los 6 mm y en T11, T12 no alcanza los 6 mm, los ángulos mayores se encontraron más grandes en hombres que en mujeres. (Christodoulou AG, Apostolou T, Ploumis A, Terzidis I, Hantzokos I, Pournaras J. 2005).

En cuanto a la población colombiana, la entrada del pedículo no es cilíndrica, sino que tiene una zona posterior o zona de entrada esférica y una disminución del diámetro a nivel de la unión entre el pedículo y el cuerpo vertebral, dando lugar a una figura no uniforme que debe tenerse en cuenta en el momento de la colocación de los tornillos pediculares torácicos. (Torres Romero Fernando et al. 2013).

En su estudio encontraron un promedio de longitud de 10.7 mm, el diámetro cefalocaudal de 7,5 mm y el diámetro transversal, de 5 mm. Tampoco se encontraron diferencias en las medidas con respecto al pedículo contralateral. (Torres et al., 2013).

## II.5 Técnicas de instrumentación.

Entre las técnicas de instrumentación posterior de la columna se encuentran los tornillos pediculares, los cuales son reconocidos por su estabilidad en comparación con otros sistemas. El 80% de la carga a compresión se transmite por el cuerpo vertebral y el 20% por los elementos posteriores. (Salo, 2011) .

La aplicación de tornillo transpediculares están descrita más de 52 técnicas; de las más frecuentes se citan: a mano alzada, la técnica apoyada en radiografías convencionales intraoperatorias (Kee 2001), con fluoroscopia intraoperatoria para cada tornillo (Kee , 2001) y las técnicas de fijación solo torácica como la descrita por Suk y et al.( 2001).

El sitio en el cual se inicia la aplicación del implante en la vértebra es fundamental. Clásicamente se localiza en la base de la faceta articular superior en la unión del tercio lateral con los dos tercios mediales de la faceta o del pedículo (Hitesh and Modi,2010), con una inclinación convergente o ángulo de ataque variable de acuerdo al nivel. En T1 y T2 la angulación para la instrumentación es de 29°, descendiendo a 15° en T3, continuando dicho descenso hasta 9° en T10, aumentando en los dos últimos niveles a 11.5°. Se ha estudiado la anatomía de los pedículos torácicos con tomografía computarizada observando su composición ósea, tejido óseo cortical y esponjoso, de forma tal que se describe la posibilidad de ser tunelizado al encontrarse el paciente en cirugía. Para seguridad y certeza en la técnica el cirujano requiere conocer la posibilidad de la existencia de canales óseos conformados por el hueso esponjoso del pedículo (Watanabe K, Lenke L,2010).

## II.6 Clasificación canal pedicular.

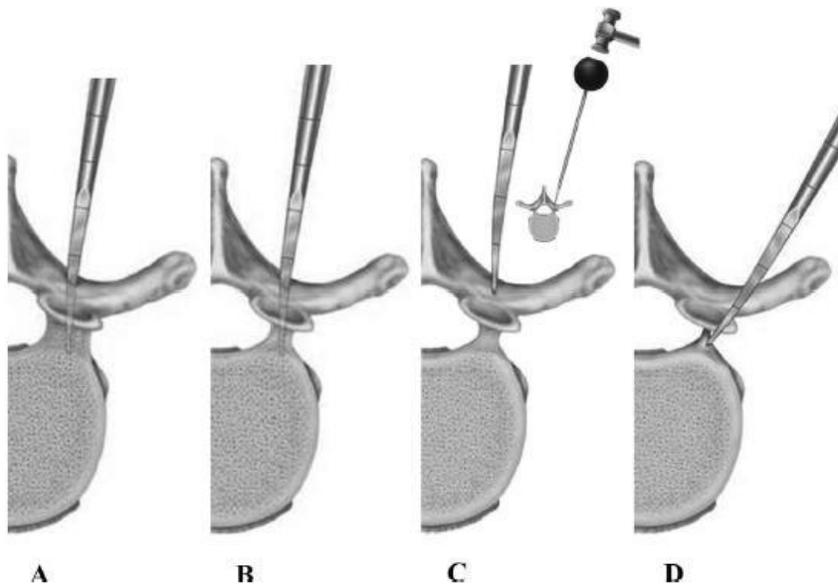
Se ha descrito la clasificación del canal pedicular (Veáse Figura II.3):

A: Canal esponjosos amplio: Pedículo amplio, paso de lezna y palpador de prueba sin dificultad B: Canal esponjoso pequeño: Al paso de la lezna debe aplicarse fuerza moderada en comparación a un canal tipo A.

C: Canal cortical: No hay canal de tejido óseo esponjoso, la lezna debe impactarse para en el canal pedicular para que pase al cuerpo vertebral

D: Ausencia de Canal pedicular: NO es posible localizar el canal pedicular y debe el tornillo ponerse en una posición yuxtapedicular.

FIGURA II. 3. CLASIFICACIÓN DEL CANAL PEDICULAR.



Fuente: .- Watanabe K, Lenke L.(2010) A novel pedicle channel clasification describing osseous anatomy. Spine : 1836-1842.

En todas las situaciones previamente descritas, la trayectoria del tornillo más allá del pedículo y la punta del tornillo deberán estar contenidas dentro del cuerpo de la vértebra (Watanabe and Lenke, 2010).

De acuerdo con la literatura el 90% de los pedículos se encuentra clasificado entre A y B, pero existe un 9% en donde la clasificación adquiere mayor importancia y utilidad (Watanabe and Lenke, 2010).

## II.7 Indicaciones de instrumentación pedicular torácica.

Las indicaciones para la aplicación de tornillos pediculares torácicos son las descritas en el siguiente cuadro:

CUADRO II.7 INDICACIONES DE INSTRUMENTACIÓN  
PEDICULAR TORÁCICA.

Indicaciones	Complicaciones
<ul style="list-style-type: none"><li>• Padecimientos degenerativos de la región torácica</li><li>• Deformidades de la columna torácica, como la escoliosis severa</li><li>• Tratamiento del trauma</li><li>• Espondilolistesis</li><li>• Reconstrucción vertebral</li><li>• Obtención de biopsias del cuerpo vertebral</li></ul>	<ul style="list-style-type: none"><li>— Infección</li><li>— Fracturas de pedículo</li><li>— Neumotórax</li><li>— Derrame pleural</li><li>— Lesión de la vena ácigos o aorta torácica</li><li>— Ruptura de la duramadre</li><li>— Afección de una raíz espinal</li><li>— Déficit neurológico</li></ul>

Fuente: Morales-Ávalos R, Elizondo-Omaña RE, et al. (2012) Fijación vertebral por vía transpedicular. Importancia de los estudios anatómicos y de imagen. Act. Ort. Mex. 26(6).

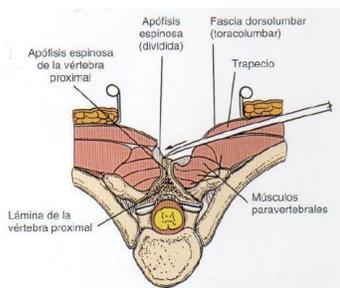
## II.8 Técnica quirúrgica.

Independiente de cuál sea la técnica de elección por el cirujano de columna todas comparten el mismo posicionamiento del paciente así los primeros pasos de esta. En algunas instituciones el apoyo sobre el cual se deja el paciente en decúbito prono puede variar (rollos, soportes en silicona, soportes metálicos con apoyos blandos)

Preferiblemente debe realizarse graficación de la incisión en la línea media de la columna dorsal, para lo cual las apófisis espinosas de C7 y T1 tienen relevancia en la orientación y direccionamiento, así como puede tomarse también el pliegue glúteo. La disección inicial comienza centrándose en las apófisis espinosas, despegando la musculatura paravertebral de

las apófisis espinosas y parcialmente de las láminas, ayudándose con separadores para mantener el campo quirúrgico abierto. Acto seguido se debe continuar con la elevación de la musculatura de forma lateral finalizando la disección laminar y continuando hasta la apófisis transversa. (Hoppenfield and,Piet).

FIGURA II. 6. ANATOMIA VERTEBRAL Y COMPARACIÓN PARA POSICIONAMIENTO DE TORNILLOS PEDICULARES.



Fuente: Hoppenfield S,Piet de Boer. Abordajes en cirugía Ortopédica (3a Ed) Abordajes posteriores a las columnas torácica y lumbar para la escoliosis. pp329-337

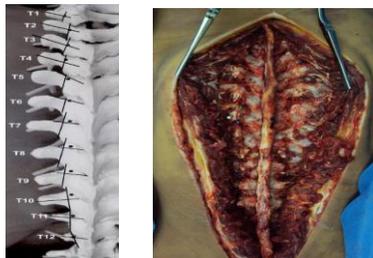
## II.9 Aplicación del tornillo.

Para la aplicación de los tornillos, se siguen las siguientes fases:

1. Exposición vertebral: Después de la disección vertebral debe realizarse limpieza de los tejidos blandos de las facetas articulares, removiendo además 3-5mm inferiores de la faceta articular inferior, elevando además el cartílago articular (Suk and Kim, 2001).
2. Punto de entrada del tornillo: Diversos autores citan acerca de la variabilidad de las dimensiones pediculares que pueden existir entre individuos. Para esto puede ser útil la radiografía prequirúrgica del paciente. Se inicia en la vértebra más distal que no se encuentre rotada, de tal forma que para T12 el punto de entrada se encontrara en una línea que corte a la mitad el proceso trasverso uniéndose con la lámina en el borde

lateral de la pars articularis. A medida que se avanza en sentido cefálico el punto de entrada tiende a ser más superior y medial. Entre T7 y T9 es donde se encuentra el punto de entrada más medial de todas las vértebras en la unión del borde del proceso transversario y ligeramente lateral a la porción media de la base del proceso articular superior. A partir de este nivel, hacia cefálico, se encuentra más lateral y caudal. A nivel de T4 se encuentra de en una línea que se encuentre en el tercio superior del proceso transversario y un punto lateral a la pars articularis. Por último en las últimas dos vértebras superiores se encuentra en una línea que atraviese la transversa por la mitad y otra línea en el borde lateral de la pars.( Kim, Lenke and Brinwell, 2004).

FIGURA II. 7. PUNTOS DE ENTRADA PEDICULARES TORACICOS.

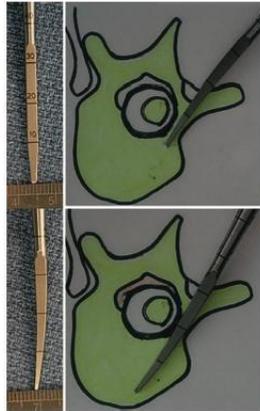


Fuente: Kim YJ, Lenke LG, Brinwell KH,(2004) Free hand pedicle screw placement in the thoracic spine: it is safe ? *Spine Phila Pa* 1976. ; 1;29(3):333-42.

3.- Marcación del sitio de entrada: Puede realizarse este procedimiento con guvea, con motor y fresa o con iniciador proveído por cada casa fabricante de instrumental. Fácilmente se visualiza hueso esponjoso el iniciador caerá unos milímetros: Inmediatamente realice palpación del ingreso realizado y continúe ingresando la lezna curva despacio el cual deberá buscar el hueso anteriormente nombrado. Una vez alcance 20 mm de profundidad direcciónela nuevamente con un instrumento curvo, abrazando siempre el perforador manual con la mano no dominante.

Después de posicionar la lesna o perforador manual lleve la perforación hasta 30 a 40mm en la columna torácica baja, 25 a 30mm en la parte media de la columna torácica y 20 a 25mm en su porción alta, esto para adultos y adolescentes. La rotación de 180° de la lezna ayudar a abrir espacio para el paso del tornillo, realizándose nuevas pruebas de integridad del canal por el cual pasa el tornillo con el palpador (Suk and Kim,2001) ( Kim and Brinwell ,2004).

FIGURA II. 8. ENTRADA DE LA LEZNA EN EL PEDÍCULO TORÁCICO Y ROTACIÓN DE 180° DE LA LEZNA.



Fuente: Kim YJ,Lenke LG,Brinwell KH,(2004) Free hand pedicle screw placement in the thoracic spine: it is safe ? *Spine Phila Pa* 1976. ; 1;29(3):333-42.

Cualquier pérdida súbita de resistencia o cualquier avance rápido puede indicar que hay una penetración de la pared pedicular.

4.- Verificación del agujero de entrada y medición de la longitud del tornillo: Una vez el perforador manual o lezna es retirado debe visualizarse salida de sangre y verificar que no exista salida de líquido cefalorraquídeo. Un sangrado excesivo o pulsátil puede hacer pensar que hay lesión sangrado epidural asociada a perforación de la pared medial, así como una ausencia de sangrado puede indicar una perforación de la pared lateral. Preste atención especial a los primeros 10 a 15 mm

del tracto de perforación donde se encuentra localizado el canal medular y el istmo vertebral (Suk and Kim, 2001; Kim, Johnson and Babbitz, 2001)).

5.- Posicionamiento del tornillo: Una vez confirmado el trayecto del tornillo, el cual debe encontrarse sin lesiones en la pared posicione el tornillo, el cual debe tener al menos 5mm

más que el diámetro del orificio perforado (Suk and Kim, 2001; Kim, Lenke and Brinwell, 2004).

6.- Confirmación de adecuado posicionamiento del tornillo: Esta verificación se puede realizar con imágenes diagnósticas, radiografías o fluoroscopia o también puede realizarse con electromiografía en caso de tener el equipo completo.

Para establecer el diámetro del tornillo debe tenerse en cuenta que para adultos el tornillo debe ocupar el 80% del pedículo y en niños puede llegar a ocupar hasta el 110% del diámetro del pedículo (Suk and Kim ,2001).

#### II.10 Posición aceptables de tornillos transpediculares torácicos.

En la literatura científica hay estudios de estudios de cohortes así como estudios descriptivos, donde revisan al azar la posición de los tornillos, en la que, aunque hay implantes fuera de su posición ideal no hay complicación clínica. Existen unos límites para considerarse que un tornillo puede estar en una posición aceptable y que no requiere reposicionamiento ni revisión (Upendra and Meena, 2008).

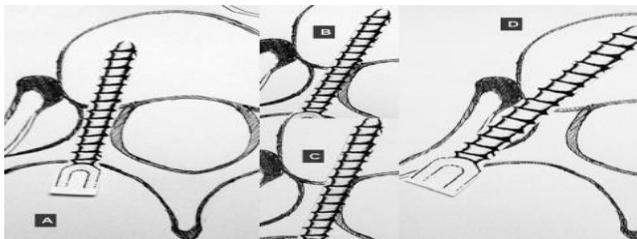
A. Tornillo dentro del canal pedicular completamente: posicionamiento ideal.

B. Tornillo donde uno de los pasos de rosca se encuentra en una pared lateral pero el tornillo persiste en el pedículo

C. Tornillos que se encuentran comprometiendo 2mm de cualquiera de las paredes laterales

D. Tornillos que se encuentra dentro de la unidad pedículo-costilla (tornillo afuera adentro)

FIGURA II. 9. CLASIFICACION DE UPENDRA EN COLOCACION DE TORNILLO



Fuente: . Upendra B. Meena D.(2008), Outcome – based classification for assessment of thoracic pedicular screw placement . Spine Phila Pa 197). Feb 15;33(4):384-90. doi: 10.1097/BRS.0b013e3181646ba1

## II.11 Clasificación evaluación de posición de tornillos pediculares torácicos.

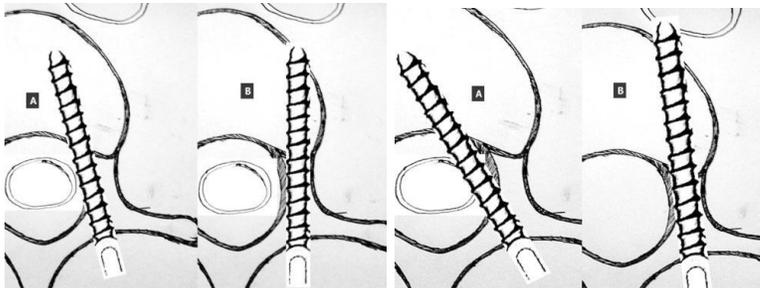
De acuerdo con la información anteriormente descrita, se desarrolló una clasificación para la evaluación del posicionamiento de los tornillos pediculares en columna torácica basado en estudios imagenológicos con Tomografía Axial Computarizada llamada “All India Institute of Medical Sciences“ (AIIMS).

Tipo I: Posicionamiento en términos aceptables (lo descrito anteriormente)

Tipo II: Todos los tornillos fuera del posicionamiento del tipo I sin ninguna complicación neurovascular neurológica o vascular

Tipo III: Posicionamiento viciado. Incluye el posicionamiento de los tornillos con complicaciones neurovasculares con lesión documentada de estructuras vitales secundaria al tornillo.

FIGURA II. 10. CLASIFICACIÓN DE POSICIONAMIENTO INACEPTABLE DE LOS TORNILLOS.



Fuente: . Upendra B. Meena D.(2008), Outcome – based classification for assessment of thoracic pedicular screw placement . Spine Phila Pa 197). Feb 15;33(4):384-90. doi: 10.1097/BRS.0b013e3181646ba1

## II.12 Comparación de tornillos pediculares con otras instrumentaciones.

Los análisis comparativos hacen que al existir tornillos bien posicionados se disminuyan los riesgos intraoperatorios neurológicos que, si pueden existir con ganchos laminares torácicos instrumentados de manera impecable, esto debido a que siempre existirá ocupación del implante en el canal medular (Liljenqvist and Hackenberg, 2002).

En 1984 se introdujo la instrumentación de Cotrel – Dubosset (CDI), la cual originalmente consistía en una serie de ganchos aplicados en las láminas vertebrales unidos a barras rígidas. Previamente en la cirugía de columna se hallaba en uso la técnica propuesta por Harrington donde era predominante la distracción de la concavidad.

Evolucionando con la CDI, hay un cambio en la técnica, enfatizándose en maniobras de traslación segmentaria realizado por rotación de las barras o por aproximación del segmento anatómico, siendo el estándar de oro la corrección posterior de deformidades de la columna (Liljenqvist and Hackenberg, 2002).

La teoría biomecánica de Denis describe tres columnas o pilares: anterior media y posterior. La anterior tomando la mitad anterior del cuerpo vertebral y del disco, la columna media que comprende la mitad posterior del cuerpo y del disco vertebral, y la columna posterior que ocupa el arco neural.

Los ganchos, ya sean laminares o facetarios son implantes que solo se aplican en la columna posterior, sin involucrar directamente los pilares anterior y medio. Los tornillos pediculares entran por la columna posterior tomando la columna media y posterior directamente en el cuerpo vertebral. Se reporta mejor corrección y mantenimiento de esta misma con la técnica de los tornillos pediculares que con ganchos laminares o facetarios, ya que en diferentes publicaciones de la literatura, para deformidades escolióticas (Liljenqvist and Hackenberg, 2002), en el que ahorra niveles que usando ganchos para que puedan ser instrumentados.

La técnica de aplicación de tornillos pediculares torácicos es una preocupación constante entre los cirujanos de columna por la situación compleja de estas estructuras y las variantes anatómicas únicas así como por las partes neurológicas como vasculares, acompañadas de la cavidad torácica hacen que el posicionamiento de los tornillos deba ser el óptimo.

### II.13 Complicaciones.

La complicación más frecuente es la lesión neurológica. (Faraj and Webb, 1997). Las complicaciones intraoperatorias más frecuentes son: fractura del pedículo, lesión dural, mala colocación del tornillo. Las complicaciones posoperatorias encontradas son, infección de

tejidos blandos, aflojamiento del tornillo, desconexión del sistema tornillo -barra (Faraj and Webb, 1997).

La complicación más frecuente encontrada en cirugía de escoliosis fue el mal posicionamiento de tornillo 15.7% (Hicks, J. M., Singla, A., Shen, F. H., & Arlet, V. 2010).

Las siguientes estructuras son las más frecuente afectadas excluyendo las estructuras neológicas (medula, saco dural y raíces nerviosas) que son las principales afectas.

Esófago: es la estructura que principalmente se puede dañar, por la anatomía que desciende por T1 en la línea media. posteriormente se desvía a ala izquierda en las siguientes 3 vertebras torácicas, el promedio de distancia de la punta del tornillo a el esófago varia de 5.4-6.4, y 2.5 a 3.5 de derecha a izquierda respectivamente, el lado izquierdo es el que corre más riesgo de lesionar el esófago y en T2 es el sitio con más riesgo (Cardoso J. Mario, et.al, 2010).

Tráquea: inicialmente deciente en la línea media de T1 posteriormente desciende por lado derecho en las siguientes tres vertebras torácicas, el rango de distancia entre la punta de tornillo transpedicular y la traquea varia de 7.7 a 13 mm, y de 11.2 a 13,2 de distancia entre lado derecho e izquierdo respectivamente, no hay mucha diferencia entre riesgo de derecha e izquierda, la vértebra T3 lado derecho corre más riesgo (Cardoso et.al, 2010).

Arteria Carótida: esta se ubica anterior y lateral de la punta de tornillo proyectada de un cuerpo vertebral, existe una distancia mayor de 9.9 mm de la punta de tornillo a arteria, el rango promedio de distancia entre la punta del tornillo y la arteria varia de 12.5 a 19.4mm, y de 9.9 a 16.5mm de derecha e izquierda, respectivamente. Se considera que esta estructura no tendría riesgo de la lesión en la colocación de tornillos transpediculares torácicos.

Arteria Vertebral: se encuentra en las vertebral T1y T2, se ubica anterior y lateralmente, la distancia promedio entre la punta del tornillo y la arteria es de 14.1 a 25 mm, y 11.5 a 13 mm en derecha e izquierda respectivamente. (Cardoso et.al, 2010).

Arco Aórtico: generalmente se encuentra presente a nivel de T4 , se puede encontrar tan arriba a nivel de T2. En quienes se encuentra en T4 se observó en 20% en la línea media, en el resto de la población en lado izquierdo de la vértebra, el promedio de distancia entre punta del tornillo y el arco aórtico es de 8.4 +\_5.1mm, no es común que sea una estructura en riesgo ya que se localiza lateral al cuerpo vertebral (Cardoso et.al, 2010).

### **III METODOLOGIA.**

#### III.1 Diseño de la investigación.

Se realizó un estudio transversal y descriptivo. Se analizaron los pedículos de las vértebras torácicas por Tomografía Axial Computarizada simple de los pacientes que se atendieron en el servicio de Columna del Hospital General de Querétaro, sin patología de la columna torácica.

El tamaño de la muestra fue por conveniencia y la selección de los estudios de los pacientes también.

#### III.2 Metodología.

Mediante la revisión de los expedientes radiológicos de los pacientes que cumplieron con los criterios de inclusión, se realizó la captura de la información a partir de un formato diseñado *ex profeso* para la recolección de la información, el procesamiento y el análisis de las variables sociodemográficas: edad y sexo, el registro de las mediciones de las vértebras: longitud pedículo, altura craneocefálica, diámetro transversal, las cuales fueron obtenidas del expediente radiológico mediante el *software Philips Medical System, Veenpluis 4-6, InteIII Space*.

Se aprobó por el Comité de Investigación local del Hospital General, SESEQ para realizar el presente estudio.

#### III.4 Consideraciones Éticas.

Este estudio fue basado en las buenas prácticas clínicas, con las recomendaciones de la declaración de Helsinki última versión (fortaleza2013) y apego a la Ley General de Salud y el Reglamento de la Ley General de Salud para la investigación; por las características de este proyecto se considera de bajo riesgo.

#### III.5 Análisis estadístico.

Se realizó análisis estadístico descriptivo mediante las medidas de tendencia central: promedio y desviación estándar, así como porcentajes y proporciones. Los resultados se presentan en cuadros y gráficas de acuerdo con la variable.

#### IV RESULTADOS.

De 100 expedientes de imagen de los pacientes que se incluyeron, se excluyeron 36 por presentar patología vertebral en el segmento de estudio y se eliminaron 25 por no tener las proyecciones o las imágenes adecuadas en los cortes axiales que permitieran una óptima medición de la morfometría de los pedículos de las vértebras torácicas. Se realizó un análisis final de 41 pacientes (22 hombres y 19 mujeres).

El promedio de edad fue 43.9 años (rango de 47 años)

La distribución por sexo fue de 22 hombres (53.65%) y 19 del sexo femenino (46.34% ).

En total se analizaron 492 vertebras torácicas, de las cuales corresponden a 41 a cada vertebra de T1 a T12 y 984 pedículos torácicos.

Cuadro IV. 1: Promedio en longitud para vertebras torácicas.

<b>Diámetro longitudinal</b>	<b>Promedio <math>\pm</math> DS mm</b>	<b>Rango</b>	
<b>T1</b>	10.59 $\pm$ 1.89	8.5	
<b>T2</b>	10.66 $\pm$ 2.39	12.5	
<b>T3</b>	10.3 $\pm$ 1.77	7.4	
<b>T4</b>	10.53 $\pm$ 2.07	11.6	
<b>T5</b>	10.82 $\pm$ 1.93	7.9	
<b>T6</b>	10.39 $\pm$ 2.26	13.97	
<b>T7</b>	10.87 $\pm$ 2.01	9.1	
<b>T8</b>	12.31 $\pm$ 13.24	8.13	
<b>T9</b>	10.60 $\pm$ 1.75	8.3	

<b>T10</b>	10.34±1.45	6.7	
<b>T11</b>	11.13±2.16	9.9	
<b>T12</b>	11.78±2.16	9.1	

Fuente: Hoja de recolección de datos realizada expreso para el estudio.

CuadroIV.2: Promedio para diámetro transverso de vertebras Torácicas.

<b>Diámetro Transverso</b>	<b>Promedio ± DS mm</b>	<b>Rango</b>
<b>T1</b>	8.14±2.6	10
<b>T2</b>	6.75±1.61	6.7
<b>T3</b>	4.99±1.73	2.96
<b>T4</b>	4.88±2.0	8.7
<b>T5</b>	4.59±1.46	6.9
<b>T6</b>	4.79±1.77	8
<b>T7</b>	4.93±1.59	8.2
<b>T8</b>	5.01±1.87	8.13
<b>T9</b>	5.49±1.97	8.8
<b>T10</b>	6.77±1.92	10

T11	7.66±2.28	11.2
T12	7.86±2.21	10.83

Fuente: Hoja de recolección de datos realizada expreso para el estudio.

Cuadro IV.3: Promedio en diámetro cefalocaudal para vertebras torácicas.

Diámetro Cefalocaudal	Promedio ±DS mm	Rango
T1	5.60±1.75	6.7
T2	5.911±45	6.2
T3	6.731. ±05	4.44
T4	7.09±1.01	3.6
T5	7.20±1.51	6
T6	6.90±1.61	7.3
T7	7.23±1.72	7.5
T8	7.73±1.08	4.7
T9	8.70±1.58	5.4
T10	9.92±2.22	7.87
T11	10.93±1.56	7.2

T12	10.67±1.63	7.12
-----	------------	------

Fuente: Hoja de recolección de datos realizada expofeso para el estudio.

## **V. DISCUSION.**

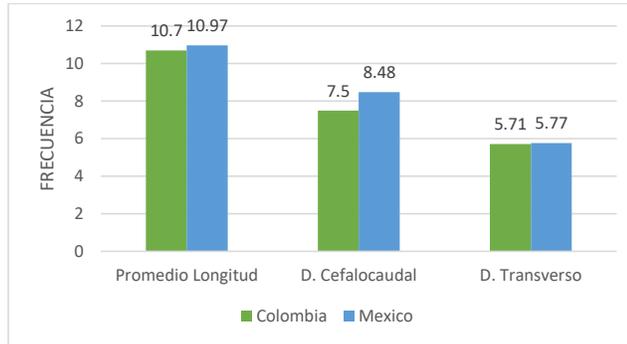
Actualmente existe aceptación para la colocación de tornillos transpediculares torácicos en la patología de la columna vertebral; sin embargo existe cierta renuencia por cirujanos de columna de utilizar esta instrumentación que a pesar que ha demostrado superioridad en comparación con las técnicas clásicas como son los ganchos, cada día se acepta más como primera elección en patologías muy particulares como en las deformidades y patologías traumáticas, dada la anatomía propia de los pedículos torácicos hace que sea más estructurada la planeación prequirúrgica y la técnica quirúrgica.

Las potenciales complicaciones que se pueden presentar, ya sean neurológicas por el posible desplazamiento intracanal del tornillo al lesionar la pared medial del pedículo, además de las respiratorias y vasculares por las estructuras circundantes crean la percepción que existen otros implantes más seguros para la columna torácica.

Torres y cols. en 2013, realizo un estudio cadavérico donde estudiaron 92 vertebras torácicas de T4 a T12, donde describieron la altura, el ancho y la longitud promedio en total de sus vertebras encontraron una media para la longitud de 10.7mm, el diámetro cefalocaudal una media de 7.5mm y el diámetro transverso de 5mm. En nuestro estudio se obtuvieron las mismas medidas estadísticas en el mismo segmento de T4 a T12 se encontró una media para la longitud de 10.97mm, una media para el diámetro cefalocaudal de 8.48mm, una media para diámetro transverso de 5.77mm (Véase Figura V.1, Cuadro V.1).

Se puede comentar que existe una gran similitud en cuanto a la morfología pedicular, sin embargo; estos autores reportaron que la entrada pedicular era esférica y se iba haciendo angosta conforme se acerca al cuerpo teniendo forma de cono. En este estudio se encontraron pedículos en uso, principalmente en las vertebras T2 y T4, así como en la columna torácica media fue más frecuente. Así mismo en su estudio colocaron tornillos transpediculares clásico con una medida de 5.0x40mm y 5.0x35mm, encontraron que 20% con rupturas corticales lateral y en 10%, ruptura de la cortical medial, con superioridad a pediculos de T8, ruptura total de 4.3%.

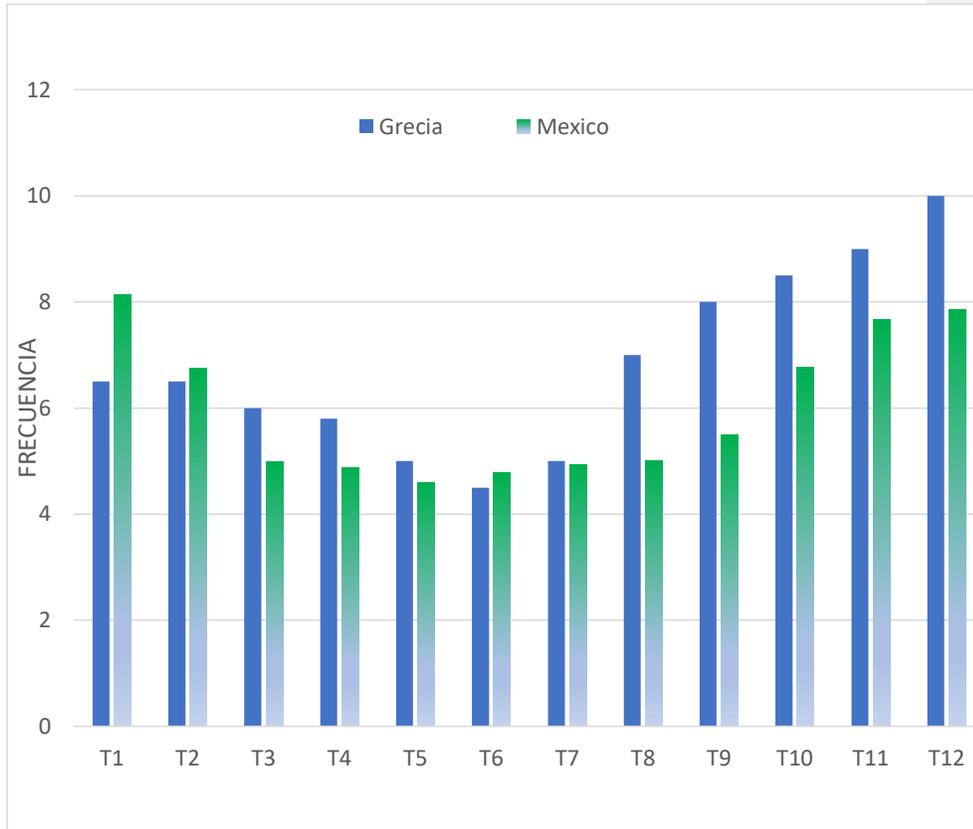
Figura V. 1. Comparación entre Colombia y México.



Fuente: Hoja de recolección de datos realizada *ex profeso* para el presente estudio

Christodoulou, et.al (2005) realizaron un estudio en Grecia en 16 cadáveres humanos, donde reportaron una media para diámetro transverso de T1: 6.5mm, para T2: 6mm, T3: 5.8mm, T4: 5mm, T5: 4.5mm, T6: 4.5mm, T7: 5mm, T8: 7mm, T9: 8mm, T10: 8.5mm, T11: 9mm, T12: 10mm. Para el diámetro cefalocaudal reportaron una media para los pedículos de T1: 8mm, T2: 10mm, T3: 11mm, T4: 11mm, T5: 12mm, T6: 12.5mm, T7: 13mm, T8: 14mm, T9: 15mm, T10: 16mm, T11: 18mm, T12: 18mm. En nuestro estudio se reportó una media para el diámetro transverso de T1: 8.14mm, T2: 6.75mm, T3: 4.99mm, T4: 4.88mm, T5: 4.59mm, T6: 4.79mm, T7: 4.93mm, T8: 5.01mm, T9: 5.49mm, T10: 6.77mm, T11: 7.67mm, T12: 7.86mm, en cuanto al diámetro cefalocaudal se encontró una media para T1: 5.60mm, T2: 5.91mm, T3: 6.73mm, T4: 7.09mm, T5: 7.20mm, T6: 6.90mm, T7: 7.23mm, T8: 7.73mm, T9: 8.70mm, T10: 9.92mm, T11: 10.93mm, T12: 10.67mm, aunque en su estudio no reportan la longitud del pedículo, podemos ver la gran diferencia de diámetro transverso pero principalmente en el diámetro cefalocaudal. (véanse las figuras V.2, V.3 y cuadro V.2, V.3).

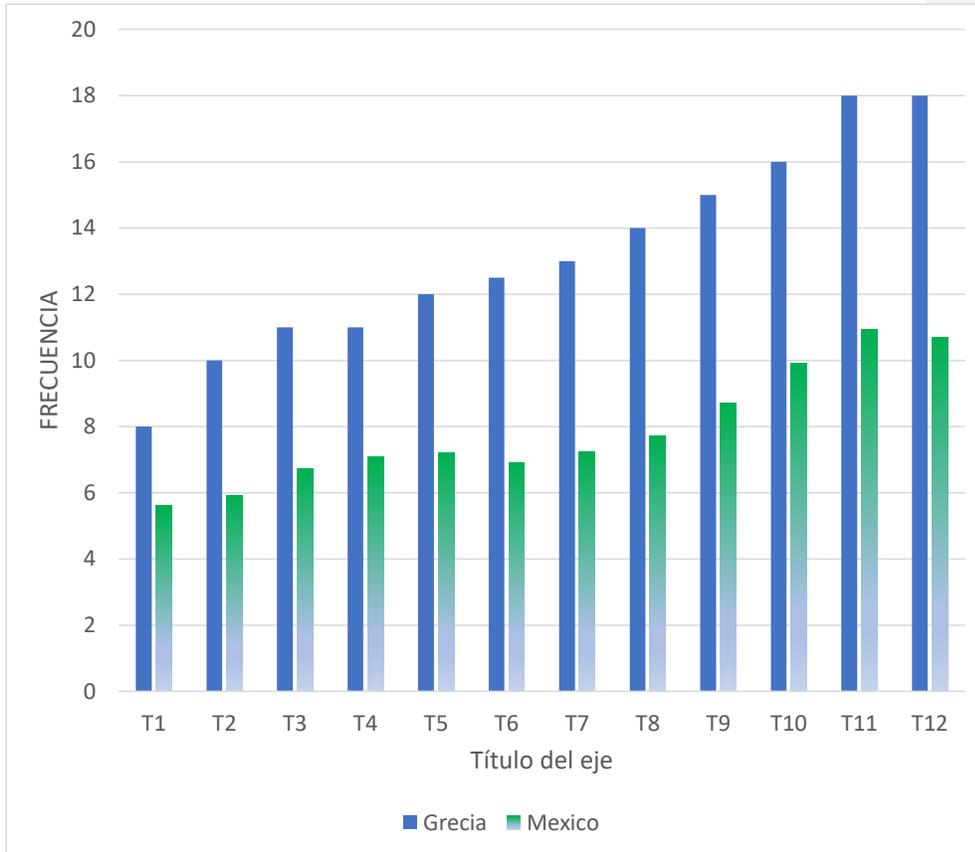
Figura V. 2 Comparación Del Diámetro Transverso



Fuente: Hoja de recolección de datos realizada exprefeso para el estudio.

**Comentado [1]:**  
Separar las dos gráficas para que puedan ser independientes y se marque como Figura independiente.

Figura V. 3 Comparación Diámetro Cefalocaudal.



Fuente: Hoja de recolección de datos realizada expofeso para el estudio.

**Comentado [2]:**  
Separar las dos gráficas para que puedan ser independientes y se marque como Figura independiente.

Considerar estas medidas en comparación con la población colombiana muy similares, se puede comprender el grado de complejidad y las posibles complicaciones en la colocación de los tornillos transpediculares; ya que con la osteosíntesis que se realiza en el país no toda la existente es adecuada para las medidas morfológicas de los pedículos torácicos de la población que se atiende de acuerdo a la región, al considerar que en el norte del país las personas tienen mayor corpulencia que los de la región sur y en el centro del país difiere de ambas, independientemente de las variaciones intra sujeto y en comparación con la población europea, de los cuales principalmente se toma en cuenta y de la población anglosajona para la creación y diseño de osteosíntesis y comparando la diferencia significativa de los diámetros (Véase el Cuadro V.4).

Se tendría que tomar en cuenta para crear en nuestro país un sistema de osteosíntesis adecuado para la fijación transpedicular torácica y así evitar las posibles complicaciones por las que los cirujanos de columna vertebral aún no toman en consideración las dificultades de esta técnica quirúrgica a pesar de que está descrita la ventaja sobre los otros sistemas de fijación.

CUADRO V.4. CUADRO COMPARATIVO DE ESTUDIOS.

Estudio	Vertebras Torácicas estudiadas.	Variables estudiadas
México	T1 a T12	Diámetro longitudinal, transverso, cefalocaudal
Grecia	T1a T12	Diámetro transverso, cefalocaudal.
Colombia	T4 a T12*	Diámetro longitudinal, transverso, cefalocaudal.

\*Estudio solo reportado en promedios. Fuente: Hoja de recolección de datos realizada expresamente para el estudio.

La limitación de este estudio es el tamaño de la muestra que no permite una estandarización para atender los puntos de referencia para la población que se atiende en el Hospital General de Querétaro, SESEQ, por lo que se requiere de un estudio con una muestra mayor que permita una inferencia estadística significativa poblacional que pudiera servir de apoyo para el desarrollo de los prototipos para este tipo de cirugía.

## **VI. CONCLUSIONES.**

-Los sistemas de osteosíntesis para la instrumentación transpedicular torácica disponibles en México no todas cumplen con las características anatómicas para la población.

-Los pedículos en la zona de entrada no son esféricos, como típicamente se describen, algunos se encontraron con morfología en huso, de forma arriñonada y en gota, situación para tener en cuenta a la hora de planificación quirúrgica.

-El ortopedista cirujano de columna debe conocer con profundidad y familiarizarse con la anatomía vertebral como con las estructuras adyacentes.

## **VII. PROPUESTAS**

Realizar un estudio con cadáver humano que permita tener mayor número de mediciones y morfología más precisa de las características cualitativas y cuantitativas del pedículo torácico que permita desarrollar sistemas de osteosíntesis propias para nuestra población.

## VII. LITERATURA CITADA.

- A. A. Faraj J. K. Webb .(1997)Early complications of spinal pedicle screw. Eur Spine J 6 : 324-326. Doi: 10.1007/BF01142678
- Cardoso J. Mario, Rosner Helgeson D.Melvin, Paik Haines, Dmitriev E.Anton, Lehman A.Ronald, (2010),Structures at risk from pedicle screws in the proximal thoracic spine: computed tomography evaluation. The Spine Journal 10; 905–909 doi: 10.1016/j.spinee.2010.08.020.
- Christodoulou AG, Apostolou T, Ploumis A, Terzidis I, Hantzokos I, Pournaras J., (2005), Pedicle Dimensions of the Thoracic and Lumbar Vertebrae in the Greek Population, Clin Anat. Sep;18(6):404-8. DOI: [10.1002/ca.20155](https://doi.org/10.1002/ca.20155)
- Dura H. Davida. True M. Jerome, (2002), Myelopathy, Radiculopathy, and Peripheral Entrapment Syndromes, Relevant cord Anatomy(p6), Washington, D.C., CRC pRes.
- Harryn.Herkowitz,Steven R. Garfin, Frank J. Eismont, Gordon R. Bell, Richard A. Balderston.(2011)Rhotman-Siomeone the Spine (6ed), Development of Spine(Pp.2-13), Philadelphia: Elsevier.
- Hicks, J. M., Singla, A., Shen, F. H., & Arlet, V. (2010). Complications of Pedicle Screw Fixation in Scoliosis Surgery. Spine, 35(11), E465–E470. doi: 10.1097/BRS.0b013e3181d1021a.
- Hitesh N, Modi M.,(2010), Accuracy of thoracic pedicle screw using ideal pedicle entry point in severe scoliosis.Clin Orthop Rel Res. 448:1830-1837. Doi: 10.1007/s11999-010-1280-1
- Hoppenfield S,Piet de Boer. Abordajes en cirugía Ortopédica (3Ed) Abordajes posteriores a las columnas torácica y lumbar para la escoliosis. Pp329-337.
- Howart S.Spine (2014)Surgery. Anatomy of the Spine(19), Chicago Illinois, Williams and Wilkings.
- Howart S.Spine (2014)Surgery. Anatomy of the Spine(19), Chicago Illinois, Williams and Wilkings.
- <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/14752359>
- Kaplan, K. M., Spivak, J. M., & Bendo, J. A. (2005). *Embryology of the spine and associated congenital abnormalities. The Spine Journal, 5(5), 564–576.* DOI: 10.1016/j.spinee.2004.10.044.
- Kee d. Kim, m.d., j. Patrick johnson, m.d., and jesse d. Babbitz, m.d.(2001), image-guided thoracic pedicle screw placement: a technical study in cadavers and preliminary clinical experience. Neurosurg Focus. Feb 15;10(2):E2.recuperado de <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/16749749>.

- Kim YJ, Lenke LG, Brinwell KH, (2004) Free hand pedicle screw placement in the thoracic spine: is it safe? *Spine Phila Pa* 1976. ; 1;29(3):333-42. Recuperado de
- Liljenqvist U, Hackenberg L, (2002) Comparative analysis of pedicle screw and hook instrumentation in posterior correction and fusion of idiopathic thoracic scoliosis. *Eur Spine J* ; 11; 336-343. DOI: 10.1007/s00586-002-0415-9.
- Morales-Ávalos R, Elizondo-Omaña RE, et al. (2012) Fijación vertebral por vía transpedicular. Importancia de los estudios anatómicos y de imagen. *Act. Ort. Mex.* 26(6), recuperado de [www.medigraphic.com/pdfs/ortope/or-2012/or126l.pdf](http://www.medigraphic.com/pdfs/ortope/or-2012/or126l.pdf)
- Ramani PS, (2010) *Textbook of Spinal Surgery (1ed)*, Applied Anatomy of Spine (p18), Philadelphia, Lippincott.
- Salo B, Guillermo, (2011), *Biomecánica de la fijación de tornillos pediculares*; Barcelona, Parc de Salut.
- Suk SI, Kim WJ, (2001), Thoracic pedicle screw fixation in spinal deformities: are they really safe?. *Spine*: 26: 2049-57. Recuperado de <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/11547207>.
- Thieme Vaccaro Alexander, Fehlings G. Michael, Dvorak F. Marcel, (2011), *Spine and Spinal Cord Trauma (1ed)*, *Spinal Embryology and Anatomy of the Pediatric and Adult Spine* (Pp.39-49), New York.
- Torres Romero Fernando, Rojas Herrera Cristian Alberto, Jaimes Sepúlveda Leonardo, Alvarado Gómez Fernando, Corona Núñez Osmar, Fletscher Covaleda Gabriel Fernando. (2013) Aplicación de tornillos transpediculares en la columna torácica: Descripción de la zona de seguridad según los hallazgos anatómicos en la población colombiana. *Rev Col de Or Tra* ; 27(1) : 32-37, Recuperado de: [www.imbiomed.com.mx/1/1/articulos.php?method=showDetail&id](http://www.imbiomed.com.mx/1/1/articulos.php?method=showDetail&id).
- Upendra B. Meena D. (2008), Outcome – based classification for assessment of thoracic pedicular screw placement. *Spine Phila Pa* 197. Feb 15;33(4):384-90. Doi: 10.1097/BRS.0b013e3181646ba1
- Vaccaro R, Alexander, (2005), *Spine: Core Knowledge in Orthopaedics (1ed)*, Basic Anatomy of the Cervical, Thoracic, Lumbar, and Sacral spine (Pp.2-13), Philadelphia, Elsevier
- Watanabe K, Lenke L. (2010) A novel pedicle channel classification describing osseous anatomy. *Spine* : 1836-1842. Doi: 10.1097/BRS.0b013e3181d3cfde.
- White III A, Augustus, Panjabi M. Manohar, (1990), *Clinical Biomechanics of the Spine (2ed)*, Kinematics of the Spine (89.122), Philadelphia, Williams and Wilkins.

## VIII. APÉNDICE.

Cuadro V.1 Comparación De Medidas Entre Colombia Y México.

	Colombia	México
Promedio de longitud	10.7mm	10.97mm
Diámetro Cefalocaudal	7.5mm	8.48mm
Diámetro transverso	5mm	5.77mm

Fuente: Hoja de recolección de datos realizada exprofeso para el estudio.

Cuadro V.2: Comparación De Medidas Entre Grecia Y México.

Diámetro Transverso	Grecia	México
T1	6.5mm	8.14mm
T2	6mm	6.75mm
T3	5.8mm	4.99mm
T4	5mm	4.88mm
T5	4.5mm	4.59mm
T6	4.5mm	4.79mm
T7	5mm	4.93mm
T8	7mm	5.01mm
T9	8mm	5.49mm
T10	8.5mm	6.77mm
T11	9mm	7.67mm
T12	10mm	7.86mm

Fuente: Hoja de recolección de datos realizada exprofeso para el estudio.

CuadroV.3. Comparación De Medidas Entre Grecia Y México.

Diámetro Cefalocaudal	Grecia	México
T1	8mm	5.60mm
T2	10mm	5.91mm
T3	11mm	6.73mm
T4	11mm	7.09mm
T5	12mm	7.20mm
T6	12.5mm	6.90mm
T7	13mm	7.23mm
T8	14mm	7.73mm
T9	15mm	8.70mm
T10	16mm	9.92mm
T11	18mm	10.93mm
T12	18mm	10.7mm

Fuente: Hoja de recolección de datos realizada exprofeso para el estudio.

## IX. ANEXOS.

### IX.1 Hoja De Recolección De Datos.

Vertebra	Longitud	A. Cefalocaudal.	D. Transverso
Vertebra T1 D.			
Vertebra T1 I.			
Vertebra T2 D.			
Vertebra T2 I.			
Vertebra T3 D.			
Vertebra T3 I.			
Vertebra T4 D.			
Vertebra T4 I.			
Vertebra T5 D.			
Vertebra T5I.			
Vertebra T6 D.			
Vertebra T6I			
Vertebra T7 D.			
Vertebra T7 I.			
Vertebra T8 D.			
Vertebra T8I.			
Vertebra T9D.			
Vertebra T9I.			
Vertebra T10 D.			
Vertebra T10I.			
Vertebra T11 D.			
Vertebra T11I.			
Vertebra T12 D.			
Vertebra T12I.			