

**UNIVERSIDAD AUTONOMA DEL ESTADO DE MÉXICO
FACULTAD DE MEDICINA
COORDINACIÓN DE INVESTIGACIÓN Y ESTUDIOS AVANZADOS
DEPARTAMENTO DE ESTUDIOS AVANZADOS
COORDINACIÓN DE LA ESPECIALIDAD EN NEUROCIRUGIA
DEPARTAMENTO DE EVALUACIÓN PROFESIONAL**



**“RESULTADOS DE LA COLOCACIÓN DE TORNILLOS TRANSPEDICULARES
TORACOLUMBARES EN CIRUGÍA ABIERTA GUIADOS POR FLUOROSCOPIA EN
PACIENTES CON TRAUMA RAQUIMEDULAR”**

**INSTITUTO DE SALUD DEL ESTADO DE MÉXICO
CENTRO MÉDICO “LIC. ADOLFO LÓPEZ MATEOS”**

**TESIS
PARA OBTENER EL DIPLOMA DE LA ESPECIALIDAD DE NEUROCIRUGIA**

**PRESENTA:
M.C. SAUL SOLORIO PINEDA**

**DIRECTOR DE TESIS
E. EN NEUROCIRUGIA MIGUEL ANGEL VACA RUIZ**

**REVISORES:
E. EN N.C. MARCO ANTONIO FERREIRA GOMEZ
E. EN N.C. JOSE DAVID CUENCA RIVAS
E. EN N.C PERFECTO OSCAR GONZALEZ VARGAS
DR. EN C. ALBERTO ERNESTO HARDY PEREZ**

TOLUCA ESTADO DE MÉXICO 2021

INDICE

Página

| | |
|---|----|
| Resumen estructurado | 3 |
| 1. Antecedentes | |
| 1.1. Introducción | 4 |
| 1.2. Antecedentes históricos | 4 |
| 1.3. Definición de traumatismo raquimedular | 5 |
| 1.4. Epidemiología del traumatismo raquimedular | 5 |
| 1.5. Anatomía pedicular | 6 |
| 1.6. Tipos de fracturas y clasificación | 7 |
| 1.6.1. Columnas de Denis | 9 |
| 1.7. Técnica quirúrgica | 9 |
| 1.7.1 Técnica asistida con fluoroscopia | 9 |
| 1.8. Complicaciones por la mala colocación de tornillos pediculares | 14 |
| 2. Planteamiento del problema y pregunta de investigación | 16 |
| 3. Hipótesis | 18 |
| 4. Objetivos | |
| 4.1. Objetivo general | 18 |
| 4.2. Objetivos específicos | 18 |
| 5. Justificación | 18 |
| 6. Material y Métodos | |
| 6.1 Tipo de estudio | 19 |
| 6.2 Diseño del estudio | 19 |
| 6.3 Criterios de inclusión y exclusión | 20 |
| 6.4 Procedimientos | 20 |
| 6.5 Variables del estudio | 22 |
| 6.6 Operacionalización de variables | 23 |
| 6.7 Diseño estadístico | 28 |
| 6.8 Implicaciones éticas | 28 |
| 6.9 Cronograma | 30 |
| 6.10 Financiamiento y presupuesto | 31 |
| 6.11 Resultados | 32 |
| 6.12 Discusión | 45 |
| 6.13 Conclusión | 48 |
| 6.14 Recomendaciones | 49 |
| 7. Referencias bibliográficas | 50 |
| 8. Anexos | 55 |

RESUMEN ESTRUCTURADO

Título:

RESULTADOS DE LA COLOCACIÓN DE TORNILLOS TRANSPEDICULARES TORACOLUMBARES EN CIRUGÍA ABIERTA GUIADOS POR FLUOROSCOPIA EN PACIENTES CON TRAUMA RAQUIMEDULAR.

Autores:

Solorio-Pineda Saúl, Et al.

Antecedentes:

La colocación de tornillos transpediculares es una técnica realizada frecuentemente con la finalidad de brindar estabilización a la columna vertebral. Esta técnica consiste en la colocación de tornillos a través del pedículo y dirigidos hacia el cuerpo vertebral por un abordaje posterior y colocando sistema de barras de titanio.

Objetivo:

Analizar los resultados de precisión y mal posición de los tornillos transpediculares toracolumbares guiados por fluoroscopia, a través de tomografía helicoidal.

Material y métodos:

Se realizó un análisis retrospectivo, observacional y descriptivo de 124 pacientes mayores de 14 años de edad que presentaron traumatismo raquimedular con datos de inestabilidad vertebral y/o fracturas en región toracolumbar a quienes se les realizó fijación transpedicular con tornillos de titanio por abordaje posterior abierto guiados por fluoroscopia en el periodo que comprende del 01 de enero del 2016 al 31 de diciembre de 2019.

Resultados:

El abordaje realizado con mayor frecuencia fue el toraco-lumbar en 52.62% de los casos, se colocaron 910 tornillos, 75.8% de los casos se colocaron 8 tornillos por paciente y el porcentaje de buena colocación en nuestros casos fue 91.21% (n=830).

Conclusión:

La técnica quirúrgica descrita es segura con porcentajes de precisión equiparables a lo descrito en la literatura y con bajo porcentaje de complicaciones.

Palabras clave (3 a 5):

Tornillo pedicular, fluoroscopia, tomografía computarizada

1. ANTECEDENTES

1.1 Introducción

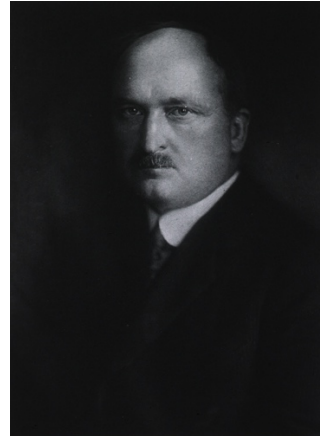
La fusión espinal y la fijación con tornillos pediculares se han convertido en procedimientos muy comunes para los neurocirujanos y cirujanos de columna con indicaciones precisas y beneficios clínicos comprobados. Sin embargo, existen algunos inconvenientes como la pseudoartrosis, la degeneración del segmento adyacente, el aflojamiento de los tornillos o la colocación incorrecta del tornillo pedicular. La colocación incorrecta de los tornillos pediculares toracolumbares puede causar una variedad de problemas a los pacientes con consecuencias como deterioro neurológico, dolor radicular, debilidad o pérdida sensorial, pero puede ser tan grave como la parálisis de una o ambas extremidades. Aunque los riesgos son reales, generalmente permanecen bajos cuando los cirujanos son altamente capacitados, experimentados y con un amplio conocimiento de la anatomía radiológica al realizar la cirugía.

1.2 Antecedentes históricos

Russell A. Hibbs del Hospital Ortopédico de Nueva York y Fred H. Albee del Hospital de Postgrado de Nueva York publicaron informes en el año de 1911 de forma independiente para desarrollar una técnica de fusión de la columna vertebral en pacientes con tuberculosis de columna vertebral también conocida enfermedad de Pott's (**Figura 1**).^{1,2}



Russell A. Hibbs



Fred H. Albee

Figura 1. Russell A. Hibbs y Fred H. Albee publicaron en el año 1911 de forma independiente una técnica de fusión de la columna vertebral en pacientes con enfermedad de Pott's.^{1,2}

En los años cuarenta se propuso un sistema de barras con distracción-compresión por el Cirujano Ortopédico Paul Randall Harrington el cual posteriormente quedo en desuso siendo reemplazado en el año 1982 por el sistema de barras de Luke.^{3,4,5,6} La primera descripción de la colocación de tornillos transpediculares fue reportado por primera vez por Boucher en 1959, el cual con el paso de los años se fue perfeccionando la técnica, así como los implantes de titanio.⁷

1.3 Definición de traumatismo raquimedular

La lesión aguda de la médula espinal es un evento traumático que produce alteraciones de las funciones sensoriales, motoras o autónomas normales y, en última instancia, afecta el bienestar físico, psicológico, económico y social del paciente.⁸

1.4 Epidemiología del traumatismo raquimedular

Las fracturas de la columna vertebral son una lesión musculoesqueletica común, que ocurre en 64 por 100,000 personas al año en Canadá.⁸ De ellas, la mayoría están en la columna torácica o lumbar, y del 75 al 90% están dentro de la unión toracolumbar.^{8,9,10}

Actualmente en México no contamos con un estudio poblacional que describa la incidencia de traumatismo raquimedular y fracturas de la columna vertebral.

Sekhon y Fehlings en el 2001 informaron una incidencia global anual de lesión medular aguda de 14 a 40 por millón de habitantes.¹¹ En una revisión de la literatura realizada en el 2014 por Singh et al. resumieron los resultados de varios estudios epidemiológicos y concluyeron que la mayor incidencia nacional reportada fue en Nueva Zelanda (49.1 por millón) y el más bajo en Fiji (10.0 por millón) y España (8.0 por millón).¹²

La proporción de lesión medular aguda es mayor en hombres siendo la edad de máxima incidencia de 30 años. Los accidentes automovilísticos son la causa principal de lesión medular aguda, seguidos de caídas en la población de edad avanzada.¹³

Almendarez-Sanchez en el año 2020 realizó un estudio epidemiológico de 147 pacientes, en donde la fractura de L1 fue más común, siendo el traumatismo raquimedular Frankel E el que predominó y el género masculino con una edad entre 16 y 30 años la que predominó.¹⁴

1.5 Anatomía pedicular

Los pedículos son una estructura muy importante en la anatomía de la columna torácica y lumbar, estos crean las porciones anteriores estrechas del arco vertebral (**Figura 2**). Son cortos, gruesos y redondeados y se unen a los aspectos posterior y lateral del cuerpo vertebral. También se colocan superiores al punto medio de un cuerpo vertebral. Debido a que los pedículos son más pequeños que los cuerpos vertebrales, se forma un surco o muesca vertebral encima y debajo de los pedículos. Estos se conocen como las muescas vertebrales superior e inferior, respectivamente. La muesca vertebral superior es más superficial y más pequeña que la muesca vertebral inferior.¹⁵

El porcentaje de hueso compacto que rodea el hueso esponjoso interno de los pedículos varía de una región de la columna vertebral a otra y parece depender de la cantidad de movimiento que ocurre en la región dada. Un hueso más compacto y fuerte

se encuentra en regiones con más movimiento. Por lo tanto, los pedículos de las regiones cervical media y lumbar superior contienen hueso más compacto que la región torácica relativamente inmóvil. Los pedículos torácicos están hechos principalmente de hueso esponjoso.¹⁴

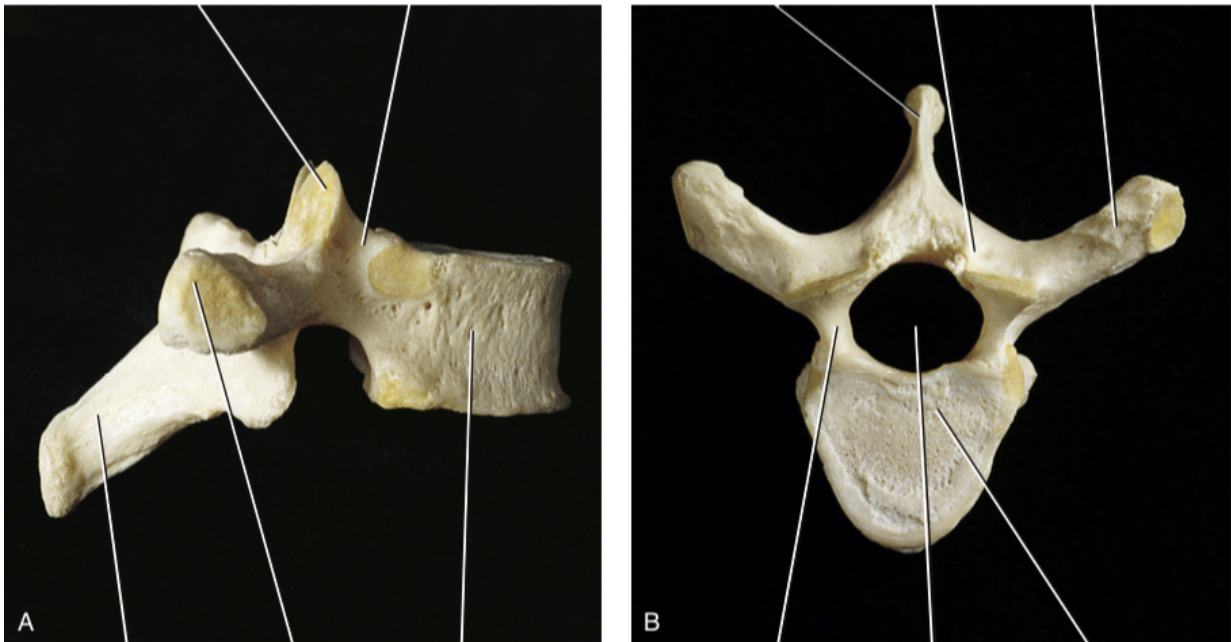


Figura 2. Anatomía de vertebra torácica, se observa de los pedículos en el plano axial y sagital.¹⁵

1.6 Tipos de fracturas y clasificación

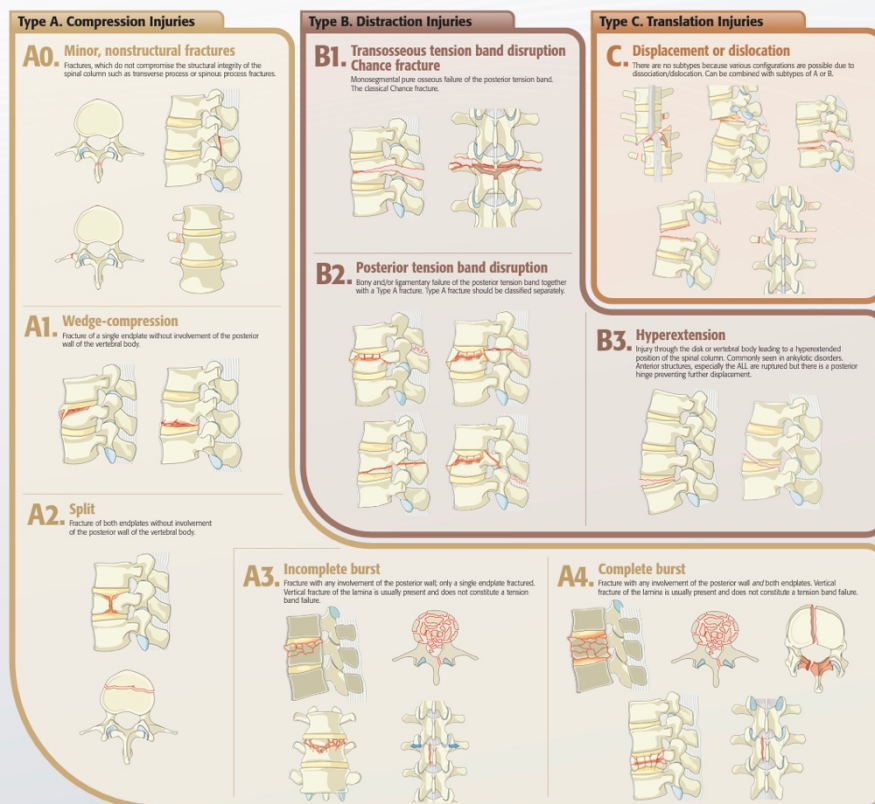
Debido a la frecuencia de las fracturas toracolumbares en nuestro medio y la gravedad potencial de estas lesiones, es imperativo un esquema de clasificación confiable y reproducible que sea descriptivo y útil para determinar el tratamiento apropiado. Se han desarrollado varios esquemas de clasificación para estas lesiones, sin embargo, no hay pruebas suficientes para recomendar un sistema de clasificación universal o una puntuación de gravedad que guíe fácilmente el tratamiento de todos los tipos de lesiones y, por lo tanto, afecte los resultados.¹⁶

Sin embargo, estos esquemas tienen poca reproducibilidad, poco valor pronóstico y un alto nivel de complejidad; el sistema de mayor uso y utilidad a nivel mundial es el

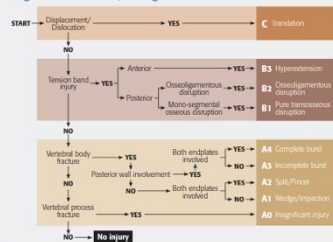
propuesto por la AOSpine el cual dependiendo del tipo de fractura nos da una orientación para el manejo quirúrgico ideal (Figura 3).^{10,17,18,19,20}



AOSpine Thoracolumbar Classification System



Algorithm for morphologic classification



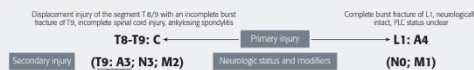
Neurology

| Type | Description |
|------|--|
| N0 | Neurologically intact |
| N1 | Transient neurologic deficit, which is no longer present |
| N2 | Radicular symptoms |
| N3 | Incomplete spinal cord injury or any degree of cauda equina injury |
| N4 | Complete spinal cord injury |
| NX | Neurologic status is unknown due to sedation or head injury |
| + | Continued spinal cord compression |

Modifiers

| Type | Description |
|------|---|
| M1 | This modifier is used to designate fractures with an indeterminate injury to the tension band based on spinal imaging with or without MRI. This modifier is important for designating those injuries with stable injuries from a bony endplate for which ligamentous insufficiency may help determine whether operative stabilization is a consideration. |
| M2 | It is used to designate a patient-specific comorbidity, which might argue either for or against surgery for patients with relative surgical indications. Examples of an M2 modifier include ankylosing spondylitis or burns affecting the skin overlying the injured spine. |

Classification nomenclature



© 2016 AOSpine International
This work is licensed under the Creative Commons Attribution-NonCommercial-NoDerivs 4.0 International License.
To view a copy of this license, visit <http://creativecommons.org/licenses/by-nc-nd/4.0/>

Further information:
www.aospine.org/classification

Figura 3. Sistema de clasificación de fracturas toracolumbares descrito por la AOSpine.^{10,17,18,19,20}

1.6.1 Columnas de Denis

En 1983 Denis propone el concepto de las 3 columnas o pilares de carga.²¹ En donde considera que la lesión de 2 o más de ellas produce inestabilidad, de igual forma la lesión de la columna media.

- Anterior: LVCA (ligamento vertebral común anterior) y mitad anterior del cuerpo-disco.
- Media: mitad posterior del cuerpo-disco y LVCP (ligamento vertebral común posterior).
- Posterior: arco vertebral, cápsulas articulares, ligamento amarillo y ligamento interespinoso.

Si no se resuelve una fractura inestable habrá problemas como consecuencia de ello.

1.7 Técnica quirúrgica

La técnica mayormente utilizada para un correcto posicionamiento de los tornillos pediculares es la técnica a mano alzada sin control fluoroscópico (Free-Hand) bajo visión directa con palpación de los puntos de referencia anatómicos y un amplio conocimiento anatómico y de la angulación de los pedículos, sin embargo para una mayor precisión en la colocación de los tornillos pediculares esta técnica debe ser guiado intraoperatoriamente con fluoroscopia, sistema de navegación o asistencia robótica.²²

En cuanto al punto de entrada y trayecto de los tornillos existen diversas técnicas, las más utilizadas son las descritas por Roy-Camille, Magerl y Krag.^{23,24,25,26} Es de importancia saber que aunque estas tres técnicas difieren en términos de la trayectoria del tornillo, todas fueron descritas para evitar su colocación incorrecta y realizar la fijación adecuada de la columna toracolumbar.

1.7.1 Técnica asistida con fluoroscopia

La mayoría de las fracturas toracolumbares y lumbares pueden tratarse de forma conservadora. Se reconoce que la estabilización quirúrgica de las lesiones toracolumbares inestables con déficit neurológico completo o sin déficit reduce la

estancia hospitalaria, mejora la alineación de la columna vertebral, acorta la rehabilitación y provoca menos complicaciones médicas. Se han descrito muchas técnicas quirúrgicas diferentes mediante abordajes posteriores, anteriores o combinados para estabilizar las fracturas toracolumbares.²⁷

Actualmente, la reducción posterior y la instrumentación transpedicular dentro de la columna torácica y lumbar son una práctica estándar y la forma más común de tratamiento para este tipo de fracturas. La fijación del tornillo pedicular proporciona una estabilización segmentaria rígida de los segmentos adyacentes a la fractura de la columna toracolumbar.²⁵

La estabilización con tornillos pediculares sea por técnica abierta o percutánea asistida por fluoroscopia pueden considerarse en el tratamiento de las fracturas toracolumbares, ya que la evidencia sugiere resultados clínicos equivalentes.¹⁵

Esta técnica se basa en el reconocimiento de la anatomía radiológica en cada nivel de la columna toracolumbar mediante la asistencia con fluoroscopia intraoperatoria. Se utilizan puntos anatómicos específicos que nos permiten una entrada directa a lo largo del pedículo, proporcionando la máxima estabilidad al tornillo y minimizando el riesgo de perforación del hueso cortical del pedículo. Tras la elección del punto de entrada se deberá dirigir el tornillo por una trayectoria determinada por el nivel vertebral teniendo en cuenta la angulación en el plano axial, coronal y sagital del pedículo, así como el grosor y su diámetro anteroposterior.

En la columna torácica, el borde inferior de la faceta articular superior, el borde medial del proceso transversal y la pars interarticularis forman un triángulo (**Figura 4**), en cuyo centro debería localizarse el punto de entrada. Este punto de entrada otros autores lo definen como la unión del tercio lateral con los dos tercios mediales de la base del proceso articular.²⁸ El punto de entrada debe ser más medial y craneal cuando se progresa de T12 a T7. Por encima de T7, el punto de entrada tiende a ser más lateral y caudal.²⁹

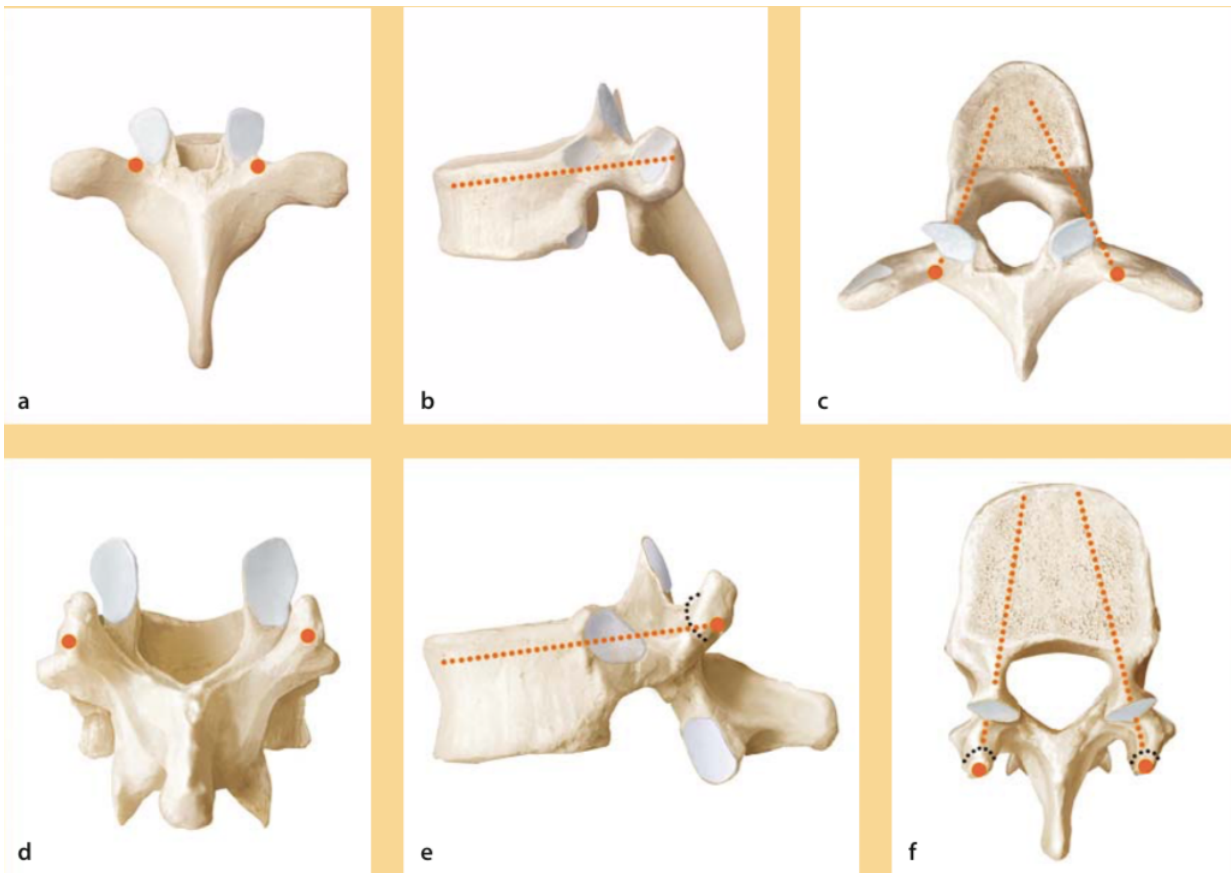


Figura 4. Puntos de referencia para las inserciones de tornillos pediculares torácicos: Fijación pedicular torácica a nivel de T6: a) Vista posterior; b) Vista lateral; c) Vista axial. Observe la posición alternativa del tornillo extrapedicular en el lado derecho. Fijación pedicular torácica a nivel de T12: d) Vista posterior; e) Vista lateral; f) Vista axial.²⁸

En la columna lumbar, el punto de entrada se localiza en la intersección de las confluencias óseas de las pars interarticularis, el proceso transversal y el proceso mamilar de la vértebra (**figura 5**) Después de usar una fresa o punzón para crear un agujero en el punto de entrada de la vértebra dorsal o lumbar a instrumental, se realiza generalmente una trayectoria paralela al platillo superior por su superioridad biomecánica sobre otras trayectorias.³⁰ Para los tornillos lumbares la dirección cráneo-caudal será también paralela al platillo superior de la vértebra y su dirección se irá

haciendo más medial de forma progresiva a medida que vamos descendiendo hacia la quinta vértebra lumbar.³¹

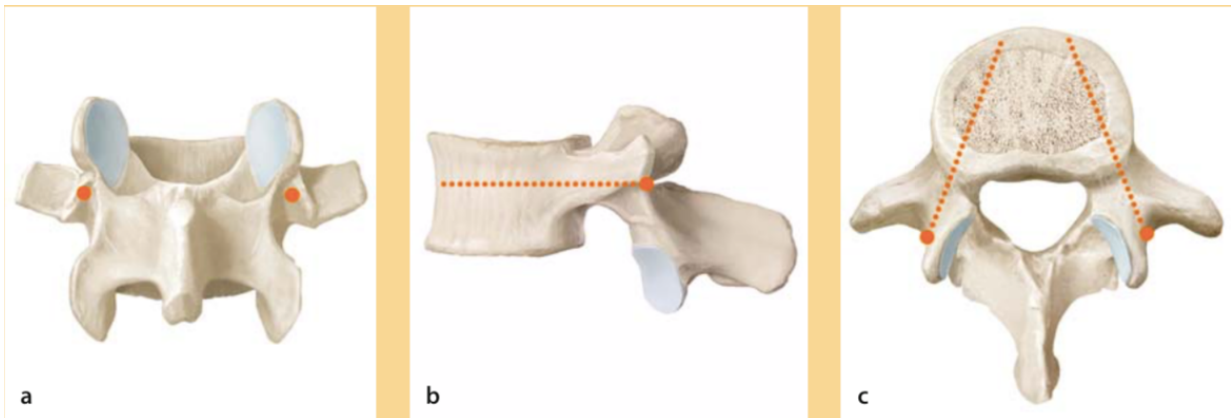


Figura 5. Puntos de referencia para la inserción del tornillo lumbar: Fijación del tornillo pedicular lumbar a nivel de L4: a) Vista posterior; b) Vista lateral; c) Vista axial.²⁸

Posterior a realizar el trayecto del tornillo con instrumentos como la lezna o punzón se verifica ausencia de violación de cortical o trayecto anómalo con un palpador pedicular y se confirma con el uso de fluoroscopia (**Figura 6**). Esta distancia representa el paso de la porción más ancha del canal espinal. En este punto el riesgo de perforación medial disminuye significativamente y podemos dirigirnos más medialmente para prevenir la perforación lateral. Tras valorar la integridad del pedículo con un palpador, es opcional usar primero una prueba o una terraja que amplíe el trayecto iniciado, para usar finalmente un tornillo de mayor diámetro definitivo. Para terminar, tras la colocación de todos los tornillos planeados se realizará un control definitivo con fluoroscopia en proyección anteroposterior y lateral, en caso de advertir algún tornillo mal posicionado se revisará su trayectoria y se valorará su recolocación de acuerdo a la integridad del pedículo.

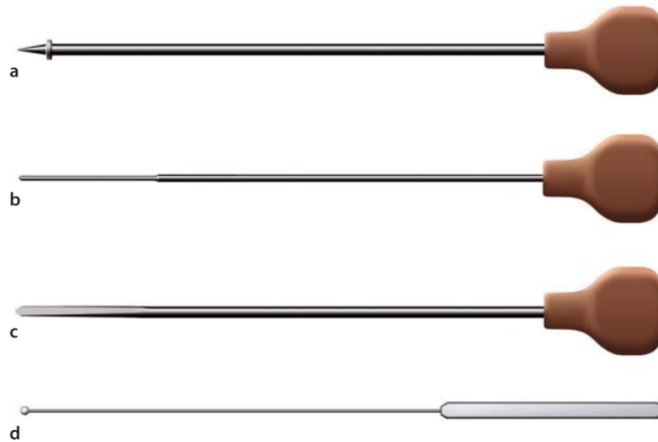


Figura 6. Instrumentos quirúrgicos para la preparación de agujeros de tornillo.

a) Punzón fino b) Lezna de pedículo delgado. c) Lezna de pedículo grueso. d) Palpador pedicular.²⁸

Las mayores ventajas de esta técnica son el descenso del tiempo quirúrgico, pero sus resultados se ven influidos fuertemente por la experiencia del cirujano y el uso de fluoroscopia transoperatoria.³²

Se han descrito diferentes clasificaciones en la literatura mundial para evaluar la correcta colocación de tornillos pediculares con el fin de mejorar resultados funcionales y tener una decisión en el posquirúrgico en caso tener una mala colocación de tornillos pediculares.

La precisión de la colocación del tornillo pedicular basada en la evaluación de los escáneres de tomografía computarizada de corte axial postoperatorio de 3 mm utilizando el sistema de puntuación descrito por Zdichavsky et al. (**Fig. 7**).^{33,34} Las mejores opciones de posicionamiento son los tipos Ia y Ib. La posición IIa o IIb debe evaluarse para determinar su estabilidad, pero generalmente no requiere una revisión quirúrgica. En una mala posición IIIa y IIIb, dependiendo de la estabilidad, la posible lesión neurológica o las condiciones generales del paciente, se debe considerar una revisión del tornillo.

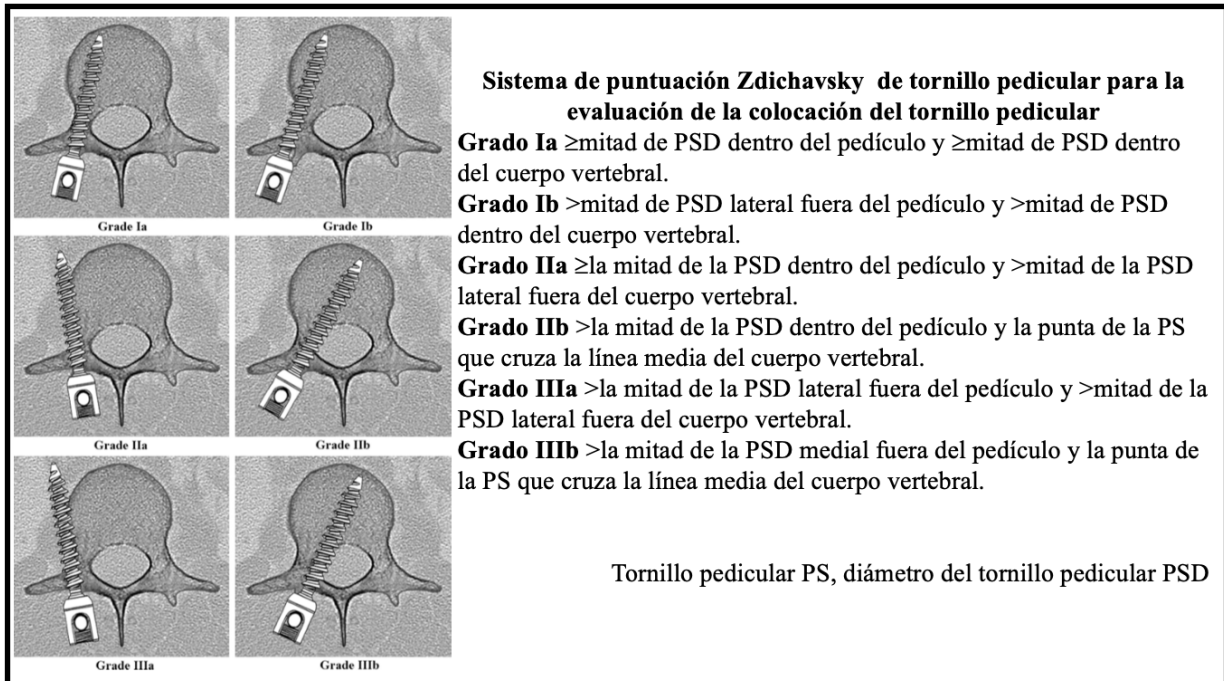


Figura 7. Sistema de puntuación descrito por Zdrichavsky et al. Descrito para la toma de decisiones en la evaluación de la tomografía posquirúrgica.^{33,34}

1.8 Complicaciones por la mala colocación de tornillos pediculares

La colocación de los tornillos transpediculares es una técnica compleja debido a la anatomía pedicular descrita previamente, así como la anatomía de las estructuras vasculares y neurológicas alrededor del conducto raquídeo.³⁵

A pesar de la experiencia del cirujano e incluso el uso de tecnología para la correcta colocación anatómica y radiológica, continúan presentándose complicaciones de las cuales la mas frecuente y preocupante es la mala colocación del tornillo pedicular con daño a estructuras neurovasculares (medula espinal, raíces nerviosas, saco dural, entre otros). Describiéndose en la literatura tasas de mala colocación a nivel de columna lumbar del 5 - 41 % y de columna torácica 3 – 55 %.^{36,37,38,39,40,41}

La trayectoria axial de un tornillo pedicular torácico es vital porque si es demasiado medial, el canal espinal puede violarse, lo que da como resultado una lesión de la médula espinal o de las raíces nerviosas en niveles lumbares inferiores, mientras que,

si es demasiado lateral, hay riesgo de lesionar otras estructuras anatómicas como se enumeran en la **tabla 1**.⁴²

| Tabla 1.- Complicaciones asociadas a la instrumentación del pedículo ⁴² |
|---|
| Lesión de la medula espinal |
| Desgarro dural |
| Fistula de liquido cefalorraquideo |
| Lesión de la raíz nerviosa |
| Rotura o fractura del pedículo |
| Lesión vascular |
| Lesión visceral |

El ángulo apropiado en el plano axial en T1–T2 debería ser de aproximadamente 30 grados, mientras que en T3–T-12 debería ser aproximadamente 20 grados. Estos ángulos deben contornearse adecuadamente según la imagen pre y transoperatoria con el fluoroscopio y el nivel del pedículo torácico, con el entendimiento de que hay una diferencia significativa en la angulación de T1 a T12.⁴³

La rotura pedicular es una complicación potencial conocida de todos los tornillos pediculares, y en la columna torácica una ruptura medial se considera segura si es inferior a 2 mm, probablemente segura entre 2 y 4 mm, y cuestionablemente segura si no hay cambios electrofisiológicos en el monitoreo intraoperatorio entre 4 y 8 mm de rotura de la pared pedicular medial. Si el pedículo torácico se rompe lateralmente, se considera aceptable hasta 6 mm; sin embargo, la anatomía individual varía y, una vez más, es importante considerar las estructuras relacionadas de manera proximal como se enumeró anteriormente. La angulación sagital también es una consideración importante, ya que las posibles trayectorias son más anatómicas o rectas, es por ello es de suma importancia la proyección lateral del fluoroscopio en el momento de introducir el tornillo.⁴⁴

La columna lumbar consiste clásicamente en cinco cuerpos vertebrales con una curvatura lordótica general de 20 a 65 grados. Los cuerpos vertebrales lumbares y los pedículos aumentan de tamaño de L1 a L5. La anatomía quirúrgica relevante asociada

con la columna lumbar incluye el compartimento abdominal, el retroperitoneo y sus estructuras como: intestino, aorta, vena cava inferior, riñones y uréteres.⁴²

La forma más común de instrumentación lumbar posterior al igual que la instrumentación torácica incluye tornillos y varillas pediculares. El punto de entrada típico para un tornillo pedicular lumbar es la unión de la parte interarticular con el proceso transversal y el proceso mamilar. Al igual que en la columna torácica, se describen en la **tabla 1** las complicaciones asociadas con la instrumentación del pedículo lumbar. Aunque los pedículos lumbares son robustos, todavía existe un riesgo de rotura con la lesión resultante. Por lo tanto, es necesaria una exposición completa de los elementos posteriores para un acceso seguro al pedículo.⁴²

2. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA Y PREGUNTA DE INVESTIGACIÓN

¿Cuáles son los resultados (porcentaje de precisión) de la colocación de tornillos transpediculares toracolumbares por cirugía posterior abierta y guiados por fluoroscopia, en el Centro Médico “Lic. Adolfo López Mateos”?

El manejo quirúrgico de las fracturas toracolumbares requiere una precisión en la colocación de los tornillos transpediculares, esto con la finalidad de disminuir los riesgos quirúrgicos transoperatorios de lesiones neurovasculares y viscerales, disminuir los días de estancia hospitalaria y por ende reducir los costos de hospitalización. Consideramos que el índice de fallo en la colocación de los tornillos transpediculares en fracturas toracolumbares en nuestro centro hospitalario es inferior a lo descrito en la literatura actual a nivel mundial, por lo cual decidimos evaluar nuestra experiencia quirúrgica en este procedimiento.

Para evitar las complicaciones catastróficas de la inserción del tornillo pedicular, varias técnicas de asistencia quirúrgica se han adoptado para aumentar la precisión en la

colocación de los tornillos al pedículo, como la radiografía intraoperatoria, la navegación O-arm e incluso asistencia robótica.^{45,46} Sin embargo, las dos últimas técnicas comentadas se combinan con un tiempo quirúrgico prolongado, equipo costoso y alto costo.⁴⁷

En el estudio de Qian et al. la tasa de incumplimiento general fue del 6,3% en 2314 tornillos lumbares en 158 pacientes con diagnóstico de espondilitis anquilosante.⁴⁵ Fisher et al. reportaron una precisión del 98,5% de los tornillos pediculares en pacientes con trauma usando la técnica a mano alzada, y no ocurrieron lesiones vasculares, neurológicas o pleurales.⁴⁸ Sarlak et al. también encontraron tasa de incumplimiento 29,2% en tornillos pediculares torácicos utilizando una técnica a mano alzada en pacientes con diagnóstico de escoliosis idiopática del adolescente.⁴⁹

En un metaanálisis realizado en el año 2019 se evaluaron las 4 técnicas descritas (a mano alzada, asistencia transoperatoria con fluoroscopia, navegación guiada por tomografía computarizada y asistencia robótica) para la colocación de tornillos transpediculares, en donde se incluyeron 78 estudios con 7858 pacientes, donde se evaluaron 51,161 tornillos pediculares. La colocación por navegación guiada por tomografía computarizada transoperatoria mostró la mayor precisión de colocación de tornillos pediculares en comparación con otras técnicas: las tasas globales agrupadas de precisión fueron 95,5%, 93,1%, **91,5%** y 90,5%, mediante las técnicas navegación por tomografía, mano alzada, **asistencia fluoroscópica** y asistencia robótica, respectivamente. La asistencia robótica y la navegación por tomografía se asociaron con la mayor precisión de tornillos pediculares en la columna torácica, en comparación con la técnica de mano alzada.

El motivo de realizar esta investigación es equiparar o demostrar la no inferioridad en el porcentaje de precisión en la colocación de tornillos pediculares torácicos y lumbares, y de haber un porcentaje alto de imprecisión en la colocación de los tornillos pediculares poder identificar mediante las variables establecidas el factor asociado, como por

ejemplo, la complejidad de la fractura, la edad del paciente, si se realizó o no un procedimiento simultáneo, el lado del tornillo e incluso el nivel afectado de la vértebra asociada ya que como se comenta en la literatura, las vértebras de la columna torácica se asocian a tasas de imprecisión más altas. También se analizará la asociación de complicaciones inmediatas y tardías relacionadas con la mala colocación de los tornillos pediculares.

3. HIPÓTESIS

- Debido al carácter descriptivo del estudio, puede prescindir de hipótesis.

4. OBJETIVOS

4.1 Objetivo general

- Analizar los resultados de precisión de los tornillos transpediculares toracolumbares guiados por fluoroscopia, a través de tomografía helicoidal posquirúrgica.

4.2 Objetivos específicos

- Identificar características sociodemográficas en pacientes con traumatismo raquímedular.
- Registrar el sitio de colocación de tornillos y grado de desviación con tomografía helicoidal posquirúrgica en el plano axial.
- Reportar las complicaciones derivadas a la mala colocación de los tornillos transpediculares.

5. JUSTIFICACIÓN

El traumatismo raquímedular es un problema de salud mundial y una entidad clínica común en Neurocirugía, especialmente en pacientes jóvenes, con una incidencia anual en los Estados Unidos de 54 casos por millón de habitantes.⁵⁰ La colocación de tornillos transpediculares es considerada la técnica estándar para el manejo de fracturas

toracolumbares pudiéndose realizar con referencias anatómicas, sin embargo en nuestro medio hospitalario para disminuir el riesgo de complicaciones hacemos uso de fluoroscopia transoperatoria con la finalidad de disminuir el fallo en la colocación de los tornillos transpediculares al visualizar la trayectoria de estos a través del pedículo y cuerpo vertebral en sus proyecciones lateral y anteroposterior.

La principal finalidad el presente estudio fue evaluar el porcentaje de precisión en la colocación de los tornillos transpediculares en pacientes con traumatismo toracolumbar, esto con finalidad de disminuir las complicaciones asociadas y brinda mayor seguridad al realizar esta técnica quirúrgica.

El realizar una correcta colocación de los tornillos pediculares, realizara una notable disminución en las complicaciones neurológicas y vasculo-vicerales posquirúrgicas, con ello disminución en las reintervenciones quirúrgicas y por ende disminuir los días de estancia, así como los costos de hospitalización, teniendo una recuperación posquirúrgica adecuada y reincorporación laboral o a sus actividades de forma temprana.

6. MATERIAL Y MÉTODOS

6.1 Tipo de estudio:

- Cualitativo, retrospectivo y observacional.

6.2 Diseño del estudio:

- Retrospectivo

Universo: Expedientes de pacientes adultos con diagnóstico de traumatismo raquimedular toracolumbar en el servicio de Neurocirugía del Centro Médico Adolfo López Mateos. Toluca de Lerdo, Edo. México.

Calculo de la muestra: Todos los expedientes de pacientes intervenidos con esta técnica del día 01 de enero del 2016 al 31 de diciembre del 2019, que cumplieron con los criterios de inclusión.

Tipo de muestreo: No probabilístico, por oportunidad.

Unidad de análisis y observación: Individual, en expedientes de pacientes adultos con traumatismo raquimedular de la región toracolumbar, intervenidos por fractura e inestabilidad vertebral, que requirieron abordaje posterior torácico, lumbar o ambos y fijación transpedicular con tornillos de titanio en la fecha del 01 de enero del 2016 al 31 de diciembre del 2019 atendidos en el Centro Médico Lic. Adolfo López Mateos.

6.3 Criterios de inclusión y exclusión:

Criterios de inclusión:

- Pacientes >14 años de edad.
- Diagnóstico de traumatismo raquimedular con fractura toracolumbar
- Pacientes intervenidos de fracturas de columna toracolumbares por abordaje posterior y fijación transpedicular con tornillos y barras de titanio.
- Contar con tomografía de columna toracolumbar posquirúrgica.

Criterios de exclusión:

- Expediente clínico incompleto para las variables de interés.
- Cirugías previas de columna.
- Fracturas de columna toracolumbar patológicas.

6.4 Procedimientos:

Se realizó este protocolo de tesis ante la pregunta de investigación del porcentaje de fallo en la colocación de tornillos transpediculares en las cirugías toracolumbares con

las variables correspondientes, realizando la búsqueda de literatura reciente y estudios clínicos relacionados a la colocación de tornillos transpediculares en revistas de alto impacto de neurocirugía y cirugía de columna en Pubmed, Cochrane, Hinari.

Se determinaron las complicaciones en las búsquedas de bibliografía que con mas frecuencia se asociaron a la imprecisión de los tornillos transpediculares. Y se eligió la clasificación mayormente utilizada y reproducible para determinar la correcta colocación de los tornillos pediculares en los pacientes operados por esta técnica.

Se presento el protocolo de tesis al comité de ética del hospital, siendo aprobado para su aplicación y teniendo la adecuada la protección de los datos extraídos de los expedientes clínicos. Es por ello que realizamos un análisis retrospectivo de los expedientes clínicos de pacientes operados por la técnica descrita (fijación transpedicular de la columna toracolumbar posterior abierta) y registramos las variables correspondientes en la hoja de recolección de datos.

Después de obtener y registrar las variables comentadas en los expedientes clínicos realizamos una minuciosa evaluación de las tomografías de columna toracolumbar de control posquirúrgico en el sistema DICOM SYNAPSE de pacientes con traumatismo raquimedular y fractura torácica, lumbar o ambas en quienes se realizo cirugía de estabilización con tornillos transpediculares, registrando en la hoja de recolección de datos la correcta colocación e imprecisión de los tornillos pediculares asi como las complicaciones asociadas a la técnica quirúrgica.

Se registraron las variables correspondientes en el sistema de base de datos Microsoft Excel y posterior a ello se realizó el análisis y registro de cada una de las variables ya codificadas con el programa estadístico informático IBM SPSS Statistics versión 26.

Realizamos las graficas correspondientes, registramos, analizamos y discutimos los resultados obtenidos, así como la redacción de las conclusiones.

Se redacto un reporte final del trabajo de investigación y se presentó nuevamente al comité de ética para su aprobación.

Una vez aprobado se realiza su presentación a la facultad de medicina de la UAEM para la obtención del título de médico especialista en Neurocirugía.

6.5 Variables del estudio:

1. Sexo
2. Edad
3. Etiología del traumatismo raquímedular
4. Clasificación de Frankel
5. Nivel de la fractura
6. Clasificación de fracturas toracolumbares AOSpine
7. Abordaje toracolumbar posterior abierto colocación de tornillos transpediculares guiados por fluoroscopia
8. Comorbilidades
9. Clasificación de Zdichavsky
10. Complicaciones relacionadas a la colocación de los tornillos
11. Reintervención
12. Días de estancia hospitalaria posquirúrgica
13. Hemorragia transoperatoria
14. Tiempo quirúrgico

6.6 Variables (Operacionalización de variables)

| Variable | Definición conceptual | Definición operacional | Tipo de variable (De acuerdo a su medición) | Análisis Estadístico | Instrumento de medición |
|--|---|--|--|-------------------------|--|
| Sexo | Características genotípicas, fenotípicas y sociales que caracterizan un individuo como hombre o mujer | 0.- Hombre 1.- Mujer | Cualitativa, Nominal, Dicotómica. | Estadística descriptiva | Reporte registrado en el expediente o en la exploración física e interrogatorio |
| Edad | Tiempo de vida desde el nacimiento | Años cumplidos | Cuantitativa, Discreta | Estadística descriptiva | Reporte registrado en el expediente o en la exploración física e interrogatorio |
| Etiología del traumatismo raquimedular | Parte de la medicina que estudia el origen o las causas de las enfermedades. | 1 - Accidente automovilístico 2 – Atropellamiento 3 - Caída de altura 4 - Caída de su plano 5 - Agresion 6 - Otras | Cualitativa, Nominal, Polítomica. | Estadística descriptiva | Reporte registrado en el expediente o en la exploración física e interrogatorio |
| Clasificación de Frankel | Escala de aplicación Neurológica que permite medir el nivel de lesión medular. | 0.- A: Afectación completa sensitivo-motor 1.- B: Afectación motora completa, sensibilidad conservada por debajo de la lesión. 2.- C: Afectación motora incompleta no funcionante. 3.- D: Afectación motora incompleta funcionante. | Cualitativa, Ordinal | Estadística descriptiva | Reporte registrado en el expediente o en la exploración física e interrogatorio. |

| | | | | | |
|--|--|--|-----------------------|-------------------------|---|
| | | 4.- E: Función motora y sensitiva normal. | | | |
| Nivel de la fractura | Solución de continuidad de la vertebra afectada sea torácica o lumbar. | 1.- T1 2.- T2 3.- T3 4.- T4 5.- T5 6.- T6 7.- T7 8.- T8 9.- T9 10.- T10 11.- T11 12.- T12 13.- L1 14.- L2 15.- L3 16.- L4 17.- L5 | Cualitativa, Nominal | Estadística descriptiva | Reporte registrado en el expediente o en la exploración física e interrogatorio |
| Clasificación de fracturas toracolumbares AOSpine | Clasificación utilizada para cada fractura en específico de la región toracolumbar por tomografía. | 0.- A0 Fractura menor no estructural 1.- A1 Compresión en cuña 2.- A2 Separación, división 3.- A3 Estallido incompleto 4.- A4 Estallido completo 5.- B1 Rotura de la banda de tensión transósea 6.- B2 Rotura de la banda de tensión posterior 7.- B3 Rotura de la banda de tensión anterior (hiperextensión) 8.- C Desplazamiento o dislocación | Cualitativa, Nominal. | Estadística descriptiva | Reporte registrado en el expediente o en la exploración física e interrogatorio |
| Abordaje toracolumbar posterior abierto colocación | Técnica quirúrgica de fijación transpedicular con tornillos de titanio hasta alcanzar el cuerpo | 0.- Cervical nivel 1-7 1.- Torácica nivel 1-12 | Cualitativa, Nominal | Estadística descriptiva | Se analizarán y registrarán los segmentos de la columna vertebral |

| | | | | | |
|--|---|---|-----------------------------------|-------------------------|---|
| de tornillos transpediculares guiados por fluoroscopia | vertebral para dar estabilidad a la columna vertebral | 2.- Lumbar nivel 1-5 3.- Sacro nivel 1-5 | | | donde se realizo la fusión vertebral. |
| Comorbilidades | Enfermedades o trastornos que acompañan a la enfermedad de interés. | 0-Ninguna 1-DM2 2-HAS 3.Alcoholismo 4-Otras | Cualitativa, Nominal, Politémica. | Estadística descriptiva | Reporte registrado en el expediente o en la exploración física e interrogatorio |

| | | | | | |
|-----------------------------|---|--|-----------------------|-------------------------|--|
| Clasificación de Zdichavsky | Clasificación utilizada para cada tornillo de acuerdo a la violación pedicular y su trayecto axial. | 0.- Ia: \geq mitad de PSD dentro del pedículo y \geq mitad de PSD dentro del cuerpo vertebral. 1.- Ib: $>$ mitad de PSD lateral fuera del pedículo y $>$ mitad de PSD dentro del cuerpo vertebral. 2.- IIa: \geq la mitad de la PSD dentro del pedículo y $>$ mitad de la PSD lateral fuera del cuerpo vertebral. 3.- IIb: $>$ la mitad de la PSD dentro del pedículo y la punta de la PS que cruza la línea media del cuerpo vertebral. 4.- IIIa: $>$ la mitad de la PSD lateral fuera del pedículo y $>$ mitad de la PSD lateral fuera del cuerpo vertebral. | Cualitativa, Nominal. | Estadística descriptiva | Reporte registrado en el expediente o en la evaluación de la tomografía posquirurgica. |
|-----------------------------|---|--|-----------------------|-------------------------|--|

| | | | | | |
|--|---|--|----------------------------------|-------------------------|--|
| | | 5.- IIIb: >la mitad de la PSD medial fuera del pedículo y la punta de la PS que cruza la línea media del cuerpo vertebral. | | | |
| Complicaciones relacionadas a la colocación de los tornillos | Agravamiento de una enfermedad en relación causal mas o menos directa con el tratamiento implicado. | 0 – Ninguna 1 - Mala colocacion tornillo 2 – Infeccion 3 - Daño radicular 4 - Daño medular 5 - Lesion visceral 6 - Retiro de material 7 - Recolocacion de tornillo 8 – Otras | Cualitativa, Nominal, Dicotomica | Estadística descriptiva | Reporte registrado en el expediente o en la exploración física e interrogatorio |
| Reintervención por mal posición del tornillo | Intervención quirúrgica realizada para la recolocación de un tornillo pedicular mal posicionado. | 0 – No 1 – Si | Cualitativa, Nominal, Dicotomica | Estadística descriptiva | Reporte registrado en el expediente o en la exploración física e interrogatorio |
| Días de estancia hospitalaria posquirúrgica | Estancia hospitalaria después de la fijación transpedicular de la columna toracolumbar | Días | Cuantitativa, Discreta | Estadística descriptiva | Reporte registrado en el expediente o en la exploración física e interrogatorio |
| Hemorragia transoperatoria | Liberación de sangre de un vaso sanguíneo roto, ya sea dentro o fuera del cuerpo. | Mililitros | Cuantitativa, Discreta. | Estadística descriptiva | Reporte registrado en el expediente clínico de la perdida de sangre estimada en mililitros asociada a la cirugía |
| Tiempo quirúrgico | Es una magnitud física con que | Minutos | Cuantitativa, Discreta. | Estadística descriptiva | Reporte registrado en el expediente clínico |

| | | | | | |
|--|---|--|--|--|--|
| | se mide la duración o separación de acontecimientos | | | | del tiempo estimado del inicio al termino de la cirugía. |
|--|---|--|--|--|--|

6.7 Diseño estadístico

Se recabaron los datos en una hoja de cálculo de Microsoft Excel (Office 2016, Microsoft) y después se analizaron las variables obtenidas con IBM SPSS (Versión 26, IBM), y se utilizaron pruebas estadísticas descriptivas e inferenciales dependiendo si la variable a tratar cumplió con los postulados. Establecemos un nivel de significancia ≤ 0.05 con un IC 95%.

6.8 Implicaciones éticas

Al ser un estudio observacional y retrospectivo no obtuvimos el consentimiento informado de los pacientes, sin embargo de acuerdo al reglamento de la ley general de salud en materia de investigación para la salud en el capítulo 1 (De los Aspectos Éticos de la Investigación en Seres Humanos) artículo 17 nuestro trabajo se consideró como investigación sin riesgo, ya que obtuvo la información de los expedientes clínicos y se analizaron los estudios de tomografía de columna de cada paciente de manera retrospectiva, se tuvieron las precauciones inherentes al manejo ético de la información con confidencialidad de los expedientes que fueron evaluados.

Al utilizar los expedientes clínicos realizamos la extracción de las variables comentadas y se realizó un resguardo de la información obtenida con criterios científicos, éticos, tecnológicos y administrativos obligatorios en la elaboración, integración, uso, manejo, archivo, conservación, propiedad, titularidad y confidencialidad del expediente clínico de acuerdo a lo establecido en la NOM-004-SSA3-2012 del expediente clínico así como las buenas prácticas clínicas (ICH-E6-R1) y las buenas prácticas de documentación (BPD).

Cabe destacar que se realizó una evaluación completa del protocolo de investigación por el comité de ética del hospital, el cual se encargó de verificar la correcta ejecución de los criterios en proyectos de investigación para la salud en seres humanos como lo indica la NOM-012-SSA3-2012.

La Declaración de Helsinki ha sido utilizada por el gremio medico para definir los principios éticos para realizar investigación médica en seres humanos. La investigación médica en seres humanos incluye la investigación del material humano o de información identificable, es por esto que mantuvimos la cautela en el manejo de información sin revelar la identidad de los pacientes en estricta confidencialidad al presentar este estudio.

Tipo de investigación (De acuerdo al Reglamento de la Ley General de Salud en Materia de Investigación para la Salud*)

| | | | | | |
|-------------------|----------|--|--|-------------------------------|--|
| | | <i>*Requieren Consentimiento Informado</i> | | | |
| Sin riesgo | x | Riesgo mínimo | | Riesgo mayor al mínimo | |

El tipo de estudio no requirió realizar procedimientos invasivos al paciente. Este protocolo, respeta los lineamientos de la NORMA Oficial Mexicana NOM-012-SSA3-2012, que establece los criterios para la ejecución de proyectos de investigación para la salud en seres humanos.

Este estudio es relevante por que investigamos la certeza en la colocación de tornillos pediculares y si estos se asociaron a complicaciones durante o después de su colocación, con ello estableceremos oportunamente las medidas adecuadas para su tratamiento y prevención. A su vez, una adecuada colocación disminuye la morbimortalidad, los días de estancia hospitalaria para el paciente y disminuye el costo de la hospitalario.

6.9 Cronograma de actividades

| Actividad | Abril 2019 | | | | Agosto 2019 | | | | Diciembre 2019 | | | | Enero 2020 | | | | Marzo 2020 | | | | Febrero 2021 | | | |
|--|------------|---|---|---|-------------|---|---|---|----------------|---|---|---|------------|---|---|---|------------|---|---|---|--------------|---|---|---|
| | 1 | 2 | 3 | 4 | 1 | 2 | 3 | 4 | 1 | 2 | 3 | 4 | 1 | 2 | 3 | 4 | 1 | 2 | 3 | 4 | 1 | 2 | 3 | 4 |
| Redacción de protocolo de tesis. | x | x | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| Presentación al comité de Ética | | | x | x | | | | x | | | | | | | | | | | | | | | | |
| Reclutamiento de pacientes | | | | | | | | x | x | x | | | | | | | | | | | | | | |
| Recabar la información | | | | | | x | x | x | x | x | | | | | | | | | | | | | | |
| Análisis estadístico | | | | | | | | | | x | x | x | | | | | | | | | | | | |
| Redacción de reporte final | | | | | | | | | | | | | | x | x | x | x | | | | | | | |
| Presentación del Reporte Final de Investigación para titulación anticipada | | | | | | | | | | | | | | | | | | x | | | | | | |
| Examen de Grado | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | x | |
| Redacción de artículo científico | | | | | | | | | | | | | | x | | | | | | | | | | |

6.10 Financiamiento y presupuesto

| Artículo | Cantidad | Costo unitario | Costo total | Financiamiento |
|--|------------|----------------|---------------|---|
| MacBook Air | 1 | 14,999 | 14,999 | Propiedad del investigador principal |
| Hojas | 500 | 70.00 | 70.00 | Propiedad del Investigador principal |
| Impresora EPSON M105 | 1 | 3,000 | 3,000 | Propiedad del Investigador principal |
| Expedientes Clínico | NA | NA | NA | Propiedad del Centro Medico Lic. Adolfo López Mateos. |
| Imágenes de tomografías en formato DICOM SYNAPSE | NA | NA | NA | Propiedad del Centro Medico Lic. Adolfo López Mateos. |
| Total | 502 | 18,069 | 18,069 | |

6.11 Resultados

En este estudio se incluyeron 124 pacientes de 14 a 82 ($\bar{x}=37\pm 17$) años, de los cuales el 66.13% (n=82) fueron hombres y el 33.87% (n=42) fueron mujeres. La mayoría (63.71%) no presentó comorbilidades. La causa de la fractura fue, con mayor frecuencia caída de altura en 58.06% (n=72). **Tabla 2, Gráfico 1.**

Gráfica 1. Pirámide de población y frecuencia en relación a la edad por género.

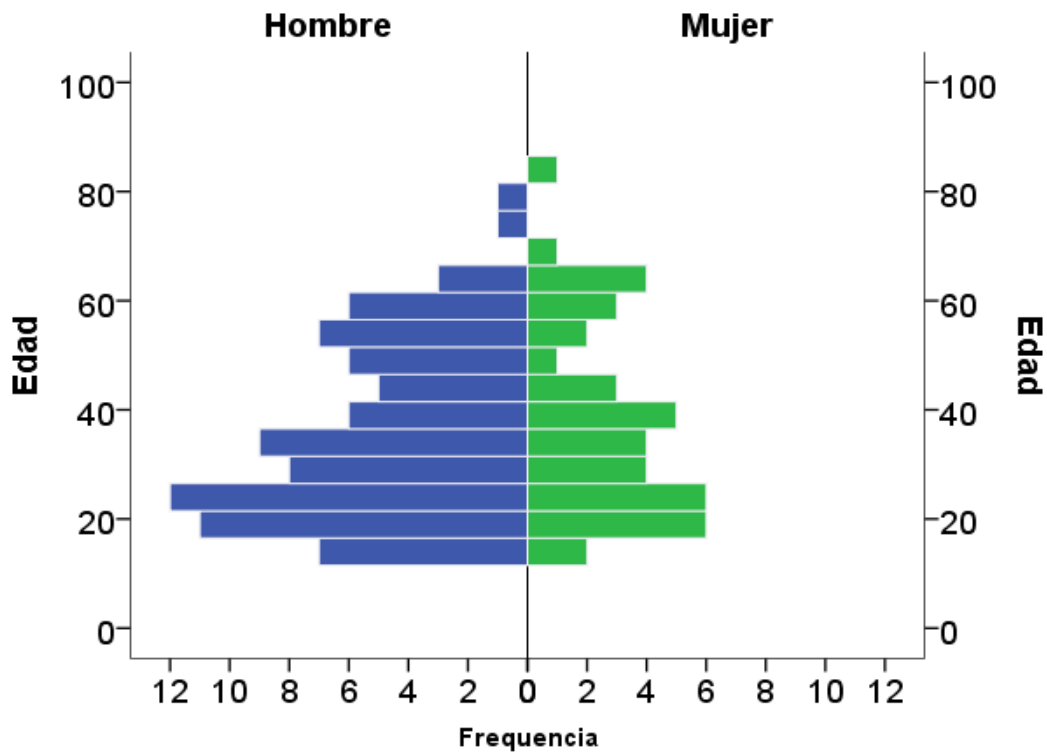


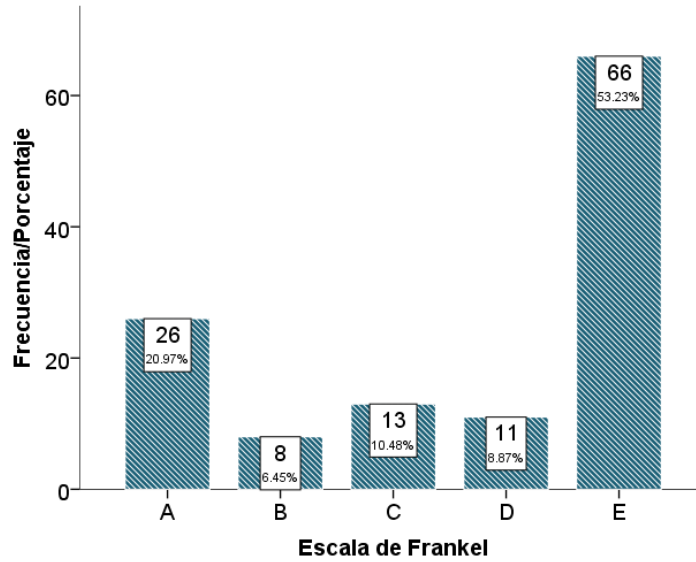
Tabla 2. Características sociodemograficas al ingreso.

| | | Media (DE) Mín.-Máx. | |
|-----------------------|---------------------------|-----------------------------|----------|
| Edad | | 37 (17) | 14-82 |
| | | Frecuencia | % |
| Género | Hombre | 82 | 66.13% |
| | Mujer | 42 | 33.87% |
| Etiología | Caida de altura | 72 | 58.06% |
| | Accidente automovilístico | 37 | 29.84% |
| | Atropellamiento | 7 | 5.65% |
| | Otras | 3 | 2.42% |
| | Caida de su plano | 3 | 2.42% |
| | Agresion | 2 | 1.61% |
| Comorbilidades | Ninguna | 79 | 63.71% |
| | DM2 | 6 | 4.84% |
| | DM2/HAS | 11 | 8.87% |
| | DM2/HAS/Otras | 1 | 0.81% |
| | DM2/Alcoholismo | 2 | 1.61% |
| | HAS | 7 | 5.65% |
| | HAS/Alcoholismo | 5 | 4.03% |
| | Alcoholismo | 11 | 8.87% |
| | Otras | 2 | 1.61% |

Fuente: expediente clínico

Evaluamos las características clínicas de la patología, la mayoría de los casos estudiados se encontraba en un buen estado neurológico (Frankel E) en 53.2% (n=66), la vertebra mayormente fracturada fue L1 en 22.58% (n=28) y la morfología de la fractura determinada por el sistema de clasificación internacional de la AOSpine fueron la tipo B2 y C, ambas con 31.45% cada una (n=39). **Grafico 2. Grafico 3. Tabla 3.**

Grafica 2. Frecuencia y porcentaje de la clasificacion de Frankel.



Grafica 3. Frecuencia y porcentaje de la clasificacion AOSpine de la morfologia de las fracturas toracolumbares.

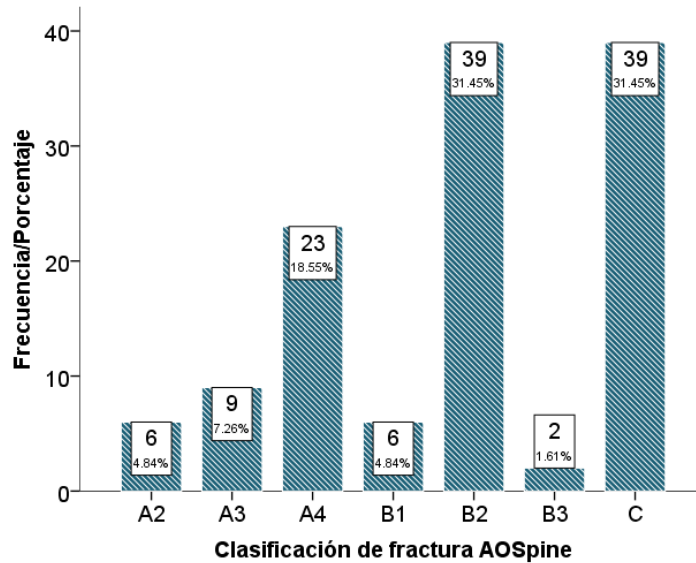


Tabla 3. Características de la patología

| | | n | % |
|--|-------|------|-------|
| Escala de Frankel | A | 26 | 20.97 |
| | B | 8 | 6.45 |
| | C | 13 | 10.48 |
| | D | 11 | 8.87 |
| | E | 66 | 53.23 |
| Nivel de la fractura | T2 | 1 | 0.81 |
| | T3 | 2 | 1.61 |
| | T4 | 6 | 4.84 |
| | T4-T5 | 4 | 3.23 |
| | T5 | 3 | 2.42 |
| | T5-T6 | 1 | 0.81 |
| | T6 | 2 | 1.61 |
| | T6-T7 | 1 | 0.81 |
| | T7 | 5 | 4.03 |
| | T8 | 4 | 3.23 |
| | T8-T9 | 1 | 0.81 |
| | T9 | 5 | 4.03 |
| | T12 | 23 | 18.55 |
| | L1 | 28 | 22.58 |
| | L2-L3 | 1 | 0.81 |
| | L2 | 6 | 4.84 |
| | L3 | 7 | 5.65 |
| L4 | 9 | 7.26 | |
| L5 | 2 | 1.61 | |
| Clasificación de fractura AOSpine | A2 | 6 | 4.84 |
| | A3 | 9 | 7.26 |
| | A4 | 23 | 18.55 |
| | B1 | 6 | 4.84 |
| | B2 | 39 | 31.45 |
| | B3 | 2 | 1.61 |
| | C | 39 | 31.45 |

A2 Separación, división; A3 Estallido incompleto; A4 Estallido completo; B1 Rotura de la banda de tensión transósea; B2 Rotura de la banda de tensión posterior; B3 Rotura de la banda de tensión anterior (hiperextensión); C Desplazamiento o dislocación

Fuente: Expediente clínico

Al revisar las variables relacionadas a la técnica quirúrgica el abordaje que se realizó con mayor frecuencia fue el Toraco-lumbar en 52.62% de los casos (n=65). En el 75.8% de los casos (n=94) se colocaron 8 tornillos. **Tabla 4.**

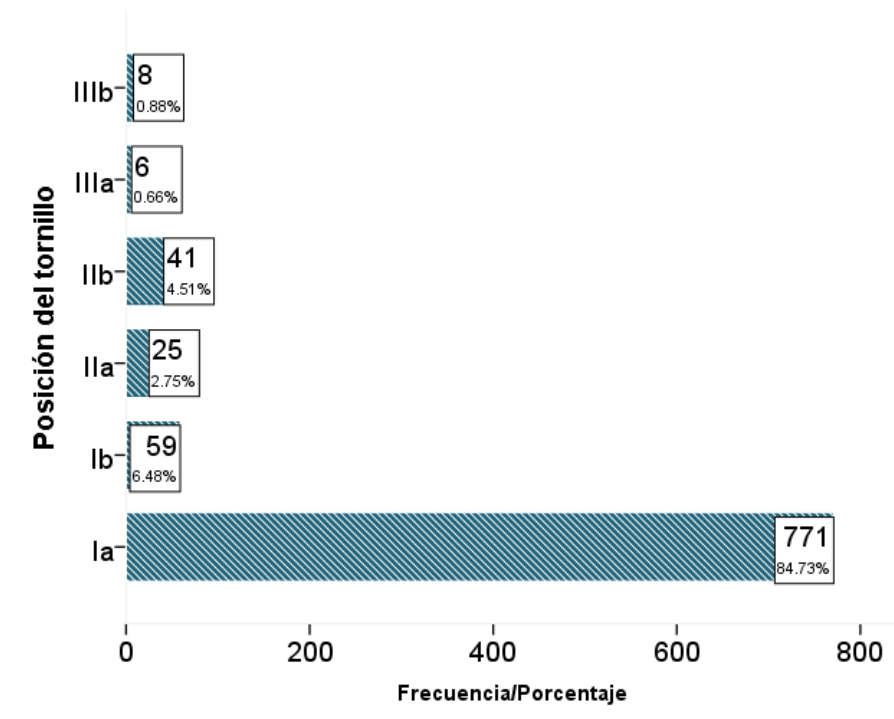
Tabla 4.- Datos de la técnica quirúrgica

| | | n | % |
|---|---|--|-----------|
| Nivel del abordaje | Cervico-Toracico | 1 | 0.81 |
| | Torácico | 39 | 31.45 |
| | Toraco-Lumbar | 65 | 52.42 |
| | Lumbar | 10 | 8.06 |
| | Lumbo-Sacro | 9 | 7.26 |
| Número de tornillos por paciente [(\bar{x} =7.3±1.3) Mín.- Máx. 2-8] | Dos | 2 | 1.6 |
| | Cuatro | 7 | 5.6 |
| | Cinco | 1 | .8 |
| | Seis | 19 | 15.3 |
| | Siete | 1 | .8 |
| | Ocho | 94 | 75.8 |
| | Tornillos de acuerdo a Clasificación de Zdichavsky (n=910) | Ia | 771 |
| Ib | | 59 | 6.48 |
| IIa | | 25 | 2.75 |
| IIb | | 41 | 4.51 |
| IIIa | | 6 | .66 |
| IIIb | | 8 | .88 |
| Posición del tornillo pedicular | Mala colocación | 14 | 1.54 |
| | Colocación aceptable | 65 | 7.25 |
| | Buena colocación | 830 | 91.21 |
| Tiempo quirúrgico (min) | | Media (DE) Mín.-Máx. 272 (76.41) 120-510 | |
| Sangrado transoperatorio (ml) | | 790 (558.56) | 150-3,000 |

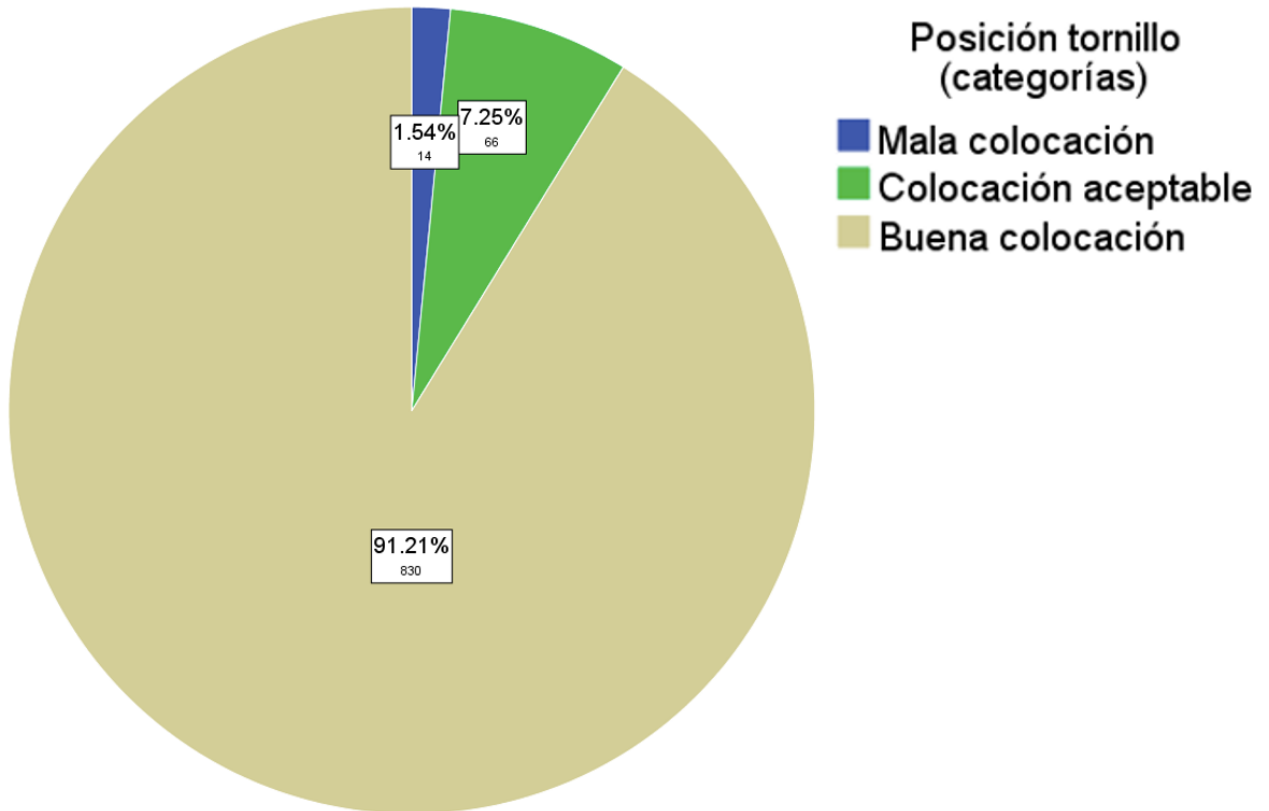
Fuente: Expediente clínico

Se realizó un conteo de 910 tornillos pediculares, de los cuales al realizar la evaluación tomográfica del estado de colocación por medio de la clasificación de Zdichavzky el más frecuente fue **Ia** en 84.73% de los tornillos (n=771), y la buena colocación (**Ia+Ib**) de los 910 tornillos se situó en 91.21% (n=830). **Grafico 4. Grafico 5.**

Grafica 4. Estado de colocación de tornillos pediculares por grupos de acuerdo a la clasificación de Zdichavzky

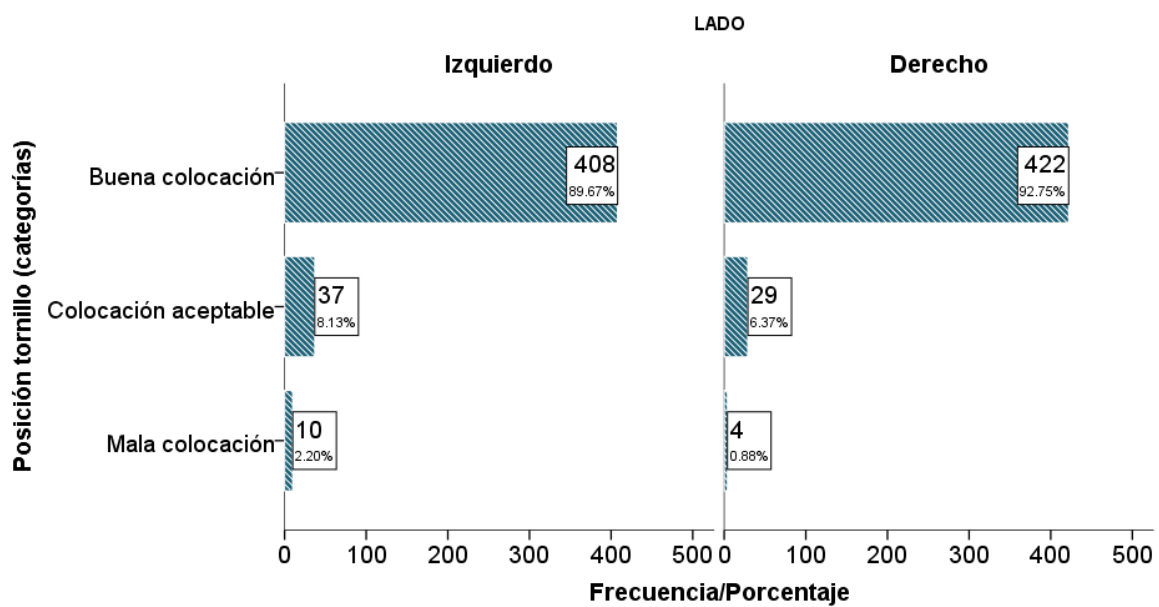


Grafica 5. Estado de colocación de tornillos pediculares (mala colocación, aceptable y buena colocación).



Al revisar el lado que se asocio a una buena colocación del tornillo pedicular, el mas frecuente fue el derecho con 92.75% vs 89.67% del lado izquierdo, como se observa en el **grafico 6**.

Grafica 6. Estado de colocación de los tornillos pediculares por lado.



Los tornillos mal colocados se asociaron a un mayor número de días de estancia hospitalaria posquirúrgica, de igual manera los mal posicionados fueron más frecuentes en pacientes con traumatismo raquímedular Frankel A y en fracturas complejas tipo C de la AOSpine. Los tornillos que presentaron una buena colocación fueron en pacientes con traumatismo raquímedular Frankel E y fracturas tipo B2 de la AOSpine. **Grafico 7. Tabla 5. Tabla 6.**

Grafica 7. Estado de colocación de los tornillos pediculares en relación a los días de estancia hospitalaria.

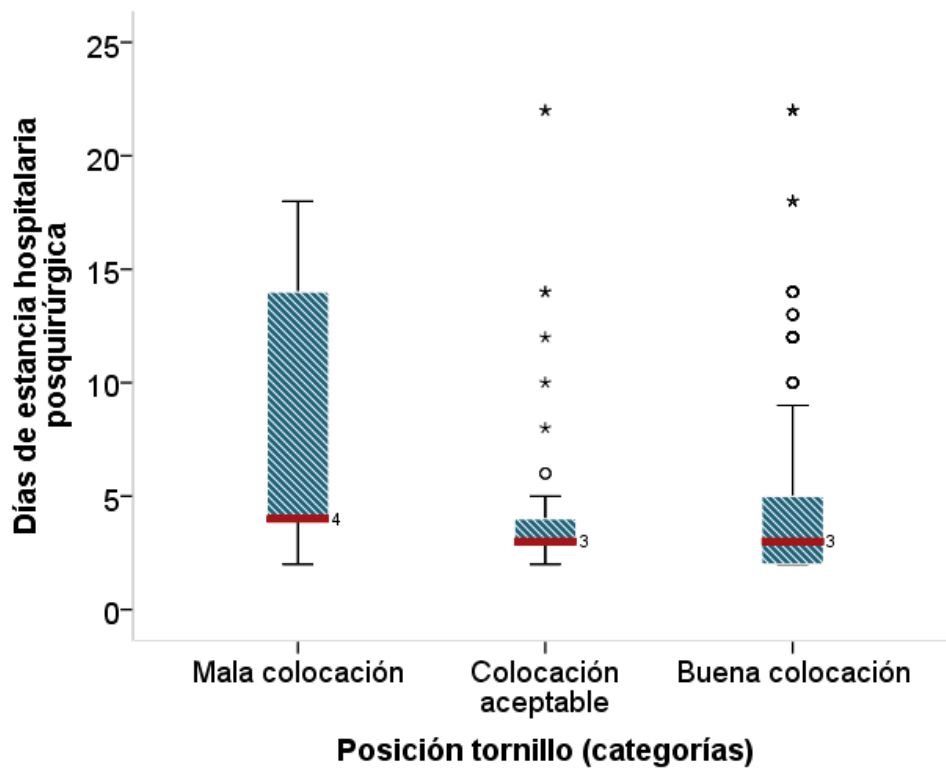


Tabla 5. Posición de los tornillos pediculares en relación a la escala de Frankel.

| | | Posición tornillo (categorías) | | | | | |
|-------------------|---|--------------------------------|--------|----------------------|--------|------------------|--------|
| | | Mala colocación | | Colocación aceptable | | Buena colocación | |
| | | n | % | n | % | n | % |
| Escala de Frankel | A | 8 | 57.14% | 19 | 28.79% | 178 | 21.45% |
| | B | 0 | 0.00% | 1 | 1.52% | 55 | 6.63% |
| | C | 0 | 0.00% | 9 | 13.64% | 86 | 10.36% |
| | D | 1 | 7.14% | 8 | 12.12% | 75 | 9.04% |
| | E | 5 | 35.71% | 29 | 43.94% | 436 | 52.53% |

Fuente: Expediente clínico

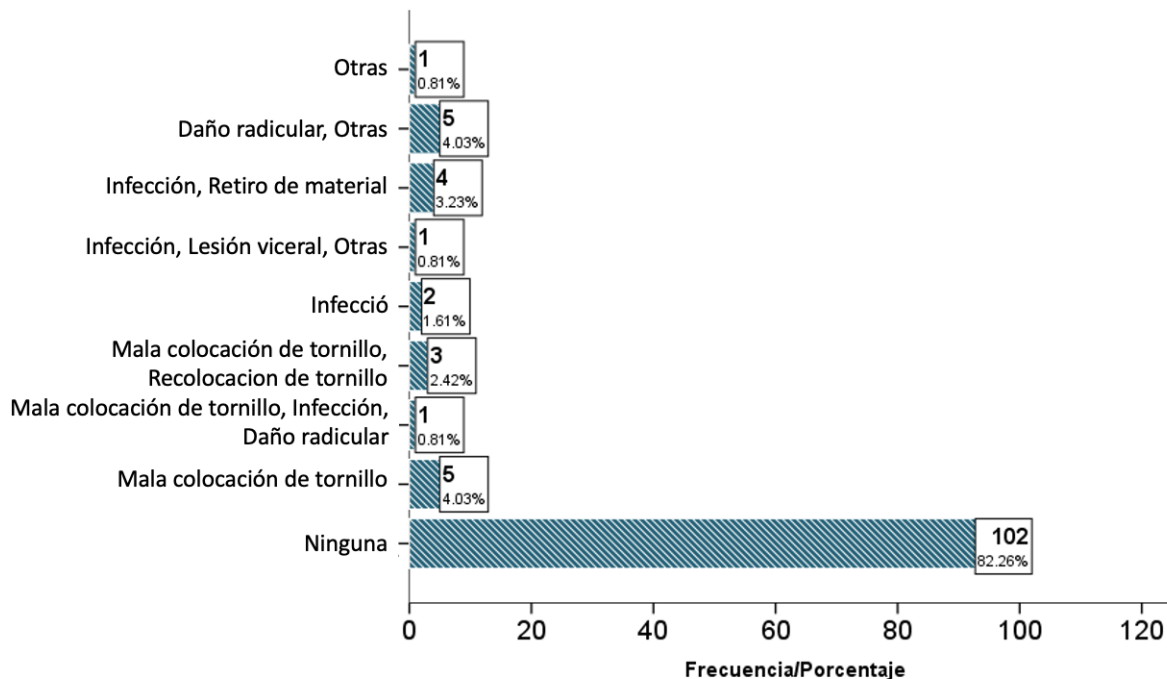
Tabla 6. Posición de los tornillos pediculares en relación a la clasificación de AOSpine.

| | | Posición tornillo (categorías) | | | | | |
|---|----|--------------------------------|--------|----------------------|--------|------------------|--------|
| | | Mala colocación | | Colocación aceptable | | Buena colocación | |
| | | n | % | n | % | n | % |
| Clasificación de fractura AOSpine | A2 | 1 | 7.14% | 4 | 6.06% | 33 | 3.98% |
| | A3 | 0 | 0.00% | 4 | 6.06% | 52 | 6.27% |
| | A4 | 0 | 0.00% | 9 | 13.64% | 163 | 19.64% |
| | B1 | 2 | 14.29% | 1 | 1.52% | 31 | 3.73% |
| | B2 | 0 | 0.00% | 20 | 30.30% | 277 | 33.37% |
| | B3 | 1 | 7.14% | 1 | 1.52% | 12 | 1.45% |
| | C | 10 | 71.43% | 27 | 40.91% | 262 | 31.57% |

Fuente: Expediente clínico

Se realizó una evaluación de las variables posquirúrgicas, presentando reintervención quirúrgica por mal posición de los tornillos pediculares en el 3.23% de los casos (n=4). La mayoría de los pacientes no presentaron complicaciones 82.26% (n=102). Presentando ($\bar{x}=4.23\pm 3.25$) días de estancia posquirúrgica, con un rango de 2-22. **Grafico 8, grafico 9, tabla 7.**

Grafica 8. complicaciones relacionadas en los pacientes estudiados.



Grafica 9. Tiempo quirurgico (min). El tiempo quirurgico promedio fue de 272 minutos.

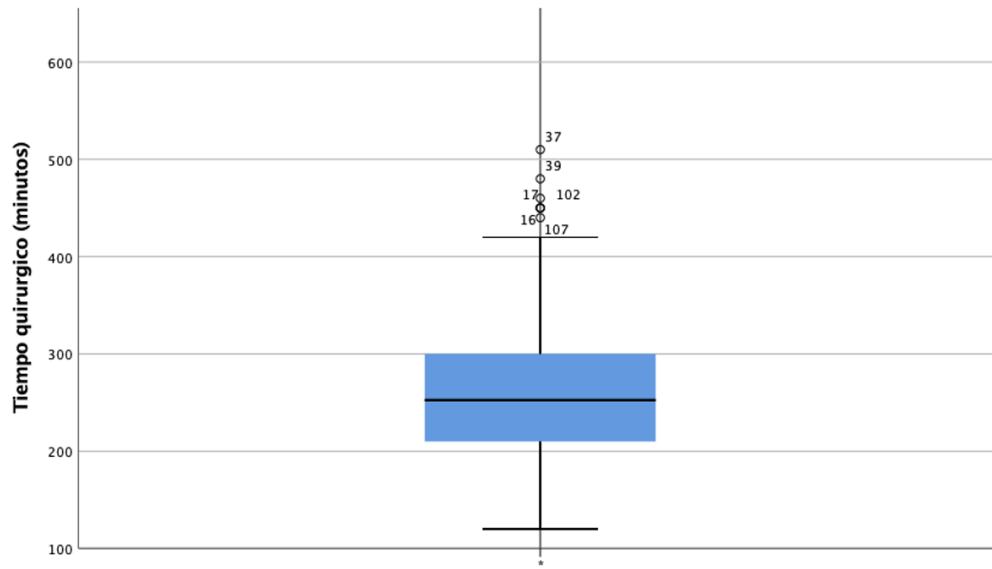


Tabla 7. Resultados posquirurgicos

| | | n | % |
|--|--|-------------|-------------------|
| Reintervención por mal posición | No | 120 | 96.77 |
| | Si | 4 | 3.23 |
| Complicaciones | Ninguna | 102 | 82.26 |
| | Mala colocación de tornillo | 5 | 4.03 |
| | Mala colocación de tornillo, Infeccion, Daño radicular | 1 | 0.81 |
| | Mala colocación, Retiro de tornillo | 3 | 2.42 |
| | Infección | 2 | 1.61 |
| | Infección, lesion viceral, otras | 1 | 0.81 |
| | Infección, Retiro de material | 4 | 3.23 |
| | Daño radicular, Otras | 5 | 4.03 |
| | Otras | 1 | 0.81 |
| | Dias de estancia hospitalaria posquirurgica | | Media (DE) |
| | | 4.23 (3.25) | 2-22 |

Fuente: Expediente clínico

6.12 Discusión

En un estudio epidemiológico realizado en Finlandia por Koskinen EA 2014.⁵¹ en donde se identificaron 77 pacientes con traumatismo raquimedular de los cuales 52 (67.5%) eran hombres y 25 (32.46%) eran mujeres con una relación 2.1:1, esto no difiere con los datos demográficos de la población estudiada en nuestro centro medico donde el 66.13 % fueron hombres ($p > 0.75$).

La edad media de las poblaciones con fractura de columna realizada por Leucht P 2009.⁵² en Alemania (43.8), Koskinen EA 2014.⁵¹ en Finlandia (58.7) y Wang H 2010.⁵³ en China (45.7) fue superior en comparación con la población de este estudio que principalmente se presento en paciente jóvenes.

La etiología mas frecuente del traumatismo raquimedular en nuestro estudio fueron las caídas de altura seguido de accidente automovilístico. esto difiere con lo descrito en la literatura internacional en países desarrollados donde los accidentes automovilísticos son la principal causa de traumatismo raquimedular como lo demuestra Yuying Chen 2013.⁵⁴ donde reporta 31.5% para accidentes automovilísticos y 25.3% para caídas ($p < 0.005$), en otro estudio realizado por Van Den Berg 2010.⁵⁵ en Madrid, España reportan accidentes automovilísticos como principal causa en un 35% y las caídas de altura en un 31%, Blair Calancie 2005.⁵⁶ en una población de 229 pacientes con traumatismo raquimedular, reportaron la principal causa de este a los accidentes automovilísticos en 43.2%, seguido de caída de altura en 19.7%, esto igualmente difiere con nuestro estudio con significancia estadística ($p < 0.005$).

Al evaluar el estado neurologico con la escala de Frankel la mayoría de los pacientes se encontraba en Frankel E, nuestra población presenta diferencia estadísticamente significativa con lo descrito en la literatura ($p < 0.005$) donde el grado mayormente reportado es Frankel A en 32.8% descrito por Blair Calancie 2005.⁵⁶ y 43.6% en el estudio realizado por Yuying Chen en 2005 ($P < 0.005$).⁵⁴

La vértebra mayormente fracturada fue L1, esto contrasta con lo descrito en 2018 por Lars P Den Ouden⁵⁷ En donde reporta que la fractura mas frecuente de su estudio fue L1 en 347 casos (13.7%) de los 3029 pacientes estudiados.

Realizamos un análisis del tipo de fracturas que presentaron nuestros pacientes las cuales fueron evaluadas mediante el sistema de clasificación AOSpine, del cual las mas frecuentes fueron las tipo B2 y tipo C, ambas 39 pacientes (31.5%) cada una. En la descripción original de la clasificación AOSpine realizada por Alexander R.Vaccaro 2013 se analizaron 880 casos, donde el mayor numero de fracturas fue tipo C en 22% de los casos (n=193), seguido de A4 en 19% (n=164), en cuanto las de menor frecuencia fueron A0 5% (n=44) y B3 5% (n=48), los resultados de nuestro estudio difieren de lo comentado por el autor de la clasificación comentada ($p < 0.005$).⁵⁸

El objetivo principal del estudio fue la evaluación de los resultados de la colocación de los tornillos transpediculares torácicos y lumbares guiados por fluoroscopia de un total de 910 tornillos pediculares, presentando de forma global una adecuada colocación de 830 tornillos (91.21%), la colocación de 65 tornillos (7.25%) fueron aceptables y los mal posicionados fueron 14 tornillos que representaron un 1.54%. En un meta-analisis realizado por Hamed A. Aoude en 2015 donde se incluyeron 68 artículos de 3442 pacientes, 60 cadáveres y un total de 43,305 pedículos evaluados, se realizo una evaluación del porcentaje de precisión de acuerdo a las técnicas de mano alzada, bajo visión fluoroscópica transoperatoria y guiados por navegación, reportan un porcentaje de adecuada colocación de 91.4% para los dos primeras técnicas y 97.3% para la técnica realizada con navegación.⁵⁹ Perdomo Pantoja en 2019 realizo una revisión sistemática y meta-análisis de setenta y ocho estudios con 7,858 pacientes donde se evaluó la colocación de 51,161 tornillos pediculares, donde las tasas de precisión fueron de 95.5%, 93.1%, 91.5% y 90.5% con diferentes clasificaciones mediante las técnicas de navegación por tomografía transoperatoria (O-arm), mano alzada, asistencia con fluoroscopia transoperatoria y asistencia robótica respectivamente.⁶⁰ Michael Heintel en 2016 realizo una evaluación de 2,052 tornillos pediculares colocados de forma percutanea en 433 pacientes con fracturas toracolumbares, utilizando la clasificación de Zdiclavsky presentando de forma global una adecuada colocación en 99% de los tornillos, esto se distribuyo de la siguiente manera: Ia (1,991/97%), Ib (38/2%), IIa (2/0.1%), IIb (16/1%), IIIa (0) y IIIb (5/0.2%); al realizar una comparación de este estudio con nuestros resultados,

demostrados que ambos grupos son equiparables con significancia estadística ($p < 0.005$).²⁷

6.13 Conclusión

La técnica quirúrgica para colocación de tornillos pediculares guiados por imagen bi-planar por fluoroscopia es segura por el bajo porcentaje de complicaciones que presentaron nuestros casos, y demostramos en nuestro estudio porcentajes de precisión en la colocación de los tornillos pediculares equiparables a la literatura actual 91.21 vs 91.40 respectivamente. La etiología de las fracturas mas frecuente en nuestro medio son caídas de altura, a diferencia de lo reportado en otras series donde los accidentes automovilísticos ocupan el primer lugar, esto quizás asociado a la media de edad de nuestro grupo de pacientes que principalmente fueron jóvenes.

El género y nivel de fractura fueron similares a los reportados en otros estudios, sin embargo, esto no fue para el nivel funcional de Frankel y la morfología de fractura reportados por la AOSpine. Se reintervinieron 4 pacientes por presentar la complicación mas frecuente que fue mala colocación de tornillos pediculares y tener repercusión clínica como lesión radicular (radiculopatía). Sugerimos realizar neuromonitoreo transoperatorio en cirugías futuras para detectar compromiso radicular durante el acto quirúrgico y considerar la recolección del tornillo durante él mismo.

Solo evaluamos los días de estancia hospitalaria posquirurgica, ya que al contemplar los días de estancia desde su ingreso aumentarían los días totales por que los pacientes no cuentan con el material requerido para la cirugía de fusión espinal al momento de su ingreso o presentan lesiones asociadas al trauma. Observamos que el sangrado promedio es considerablemente alto por lo que recomendamos en las próximas cirugías de este tipo en nuestro centro hospitalario tener disponibles hemoderivados y dos vías venosas periféricas permeables.

6.14 Recomendaciones

- Recomendamos el uso de la fluoroscopia transoperatoria en todos los pacientes operados de fijación transpedicular con tornillos de titanio.
- Realizar monitoreo transoperatorio en paciente operados con esta técnica disminuye el riesgo de lesión neurológica.
- El sangrado de nuestros pacientes fue considerable, por lo que recomendamos tener hemoderivados disponibles durante el acto quirúrgico.

7. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

-
- ¹ Hibbs RA. An operation for progressive spinal deformities. *New York Medical Journal*. 1911;93:1013.
 - ² Albee FH. Transplantation of a portion of the tibia into the spine for Pott's disease. *JAMA*. 1911;57:885.
 - ³ Harrington PR. Treatment of scoliosis. Correction and internal fixation by spine instrumentation. *J Bone Joint Surg Am* 44: 591-610, 1962.
 - ⁴ Harrington PR. Technical details in relation to the successful use of instrumentation in scoliosis. *Orthop Clin North Am* 3: 49-67, 1972.
 - ⁵ Harrington PR. The history and development of Harrington instrumentation. *Clin Orthop Relat Res* 93: 110-112, 1973.
 - ⁶ Luque ER. The anatomic basis and development of segmental spinal instrumentation. *Spine (Phila Pa 1976)* 7: 256-259, 1982
 - ⁷ Boucher HH. A method of spinal fusion. *J Bone Joint Surg Br*. 1959;41:248-259
 - ⁸ Hu R, Mustard CA, Burns C. Epidemiology of incident spinal fracture in a complete population. *Spine* 1996; 21:492–499.
 - ⁹ Gertzbein SD. Scoliosis Research Society. Multicenter spine fracture study. *Spine* 1992;17:528–540
 - ¹⁰ Patel AA, Vaccaro AR. Thoracolumbar spine trauma classification. *J Am Acad Orthop Surg* 2010;18:63–71
 - ¹¹ Sekhon LH, Fehlings MG. Epidemiology, demographics, and pathophysiology of acute spinal cord injury. *Spine (Phila Pa 1976)*. 2001;26(24 suppl):S2-S12
 - ¹² Singh A, Tetreault L, Kalsi-Ryan S, Nouri A, Fehlings MG. Global prevalence and incidence of traumatic spinal cord injury. *Clin Epidemiol*. 2014;6:309-331.
 - ¹³ Fehlings, Michael G., et al. "A clinical practice guideline for the management of acute spinal cord injury: introduction, rationale, and scope." (2017): 84S-94S.
 - ¹⁴Almendárez-Sánchez CA, Sotelo-Popoca T, Tafur-Grandett AA, Huato-Reyes R. Technical note: In Mexico, the majority of 147 traumatic spinal cord injuries occurred in the thoracic spine for young males. *Surg Neurol Int* 2020;11:162.

¹⁵ Cramer, G. D., & Darby, S. A. (2017). *Clinical Anatomy of the Spine, Spinal Cord, and ANS-E-Book*. Elsevier Health Sciences.

¹⁶ O'Toole, J. E., Kaiser, M. G., Anderson, P. A., Arnold, P. M., Chi, J. H., Dailey, A. T., ... & Qureshi, S. (2019). Congress of Neurological Surgeons systematic review and evidence-based guidelines on the evaluation and treatment of patients with thoracolumbar spine trauma: executive summary. *Neurosurgery*, *84*(1), 2-6.

¹⁷ Vaccaro AR, Lehman RA Jr, Hurlbert RJ, et al. A new classification of thoracolumbar injuries: the importance of injury morphology, the integrity of the posterior ligamentous complex, and neurologic status. *Spine* 2005;*30*:2325–2333

¹⁸ Vaccaro AR, Zeiller SC, Hulbert RJ, et al. The thoraco-lumbar injury severity score: a proposed treatment algorithm. *J Spinal Disord Tech* 2005;*18*:209–215

¹⁹ Vaccaro, A. R., C. Oner, C. K. Kepler, M. Dvorak, K. Schnake, C. Bellabarba, M. Reinhold, B. Aarabi, F. Kandziora, J. Chapman, R. Shanmuganathan, M. Fehlings, L. Vialle, A. O. S. C. Injury and F. Trauma Knowledge (2013). "AOSpine thoracolumbar spine injury classification system: fracture description, neurological status, and key modifiers." *Spine (Phila Pa 1976)* *38*(23): 2028-2037.

²⁰ Kepler, C. K., A. R. Vaccaro, J. D. Koerner, M. F. Dvorak, F. Kandziora, S. Rajasekaran, B. Aarabi, L. R. Vialle, M. G. Fehlings, G. D. Schroeder, M. Reinhold, K. J. Schnake, C. Bellabarba and F. Cumhur Oner (2015). "Reliability analysis of the AOSpine thoracolumbar spine injury classification system by a worldwide group of naive spinal surgeons." *Eur Spine J. (e-pub)*

²¹ Denis F. The three column spine and its significance in the classification of acute thoracolumbar spinal injuries. *Spine* 1983;*8*:817–831

²² Landriel F, Hem S, Rasmussen J, Vecchi E, Yampolsky C. Curva de aprendizaje en la colocación de tornillos pediculares percutáneos mínimamente invasivos. *Surg Neurol Int* 2018;*9*:S43-9.

²³ Roy-Camille R, Saillant G, Mazel C (1986) Internal fixation of the lumbar spine with pedicle screw plating. *Clin Orthop Relat Res* 213:7–17.

²⁴ Roy-Camille R, Saillant G, Mazel C (1986) Plating of thoracic, thoracolumbar, and lumbar injuries with pedicle screw plates. *Orthop Clin North Am* 17:147–159

²⁵ Magerl FP (1984) Stabilization of the lower thoracic and lumbar spine with external skeletal fixation. *Clin Orthop Relat Res* 189:125–141.

²⁶ Krag MH, Weaver DL, Beynon BD, Haugh LD (1988) Morphometry of the thoracic and lumbar spine related to transpedicular screw placement for surgical spinal fixation. *Spine* 13:27–32.

-
- ²⁷ Heintel, T. M., Dannigkeit, S., Fenwick, A., Jordan, M. C., Jansen, H., Gilbert, F., & Meffert, R. (2017). How safe is minimally invasive pedicle screw placement for treatment of thoracolumbar spine fractures?. *European Spine Journal*, 26(5), 1515-1524.
- ²⁸ Chung KJ, Suh SW, Desai S, Song HR. Ideal entry point for the thoracic pedicle screw during the free hand technique. *Int Orthop* 32: 657-662, 2008
- ²⁹ Xu R, Ebraheim NA, Ou Y, Yeasting RA. Anatomic considerations of pedicle screw placement in the thoracic spine. Roy-Camille technique versus open-lamina technique. *Spine (Phila Pa 1976)* 23: 1065-1068, 1998
- ³⁰ Lehman RA Jr, Polly DW Jr, Kuklo TR, Cunningham B, Kirk KL, Belmont PJ Jr. Straight-forward versus anatomic trajectory technique of thoracic pedicle screw fixation: a biomechanical analysis. *Spine (Phila Pa 1976)* 28: 2058-2065, 2003
- ³¹ Calleros-Hernández, N. A., Valencia-Martínez, G., Hardy-Pérez, A. E., & Granados-Agonizante, I. (2019). Fijación transpedicular percutánea versus técnica abierta en pacientes con fracturas toracolumbares tipo A. *Acta Ortopédica Mexicana*, 33(4), 217-224.
- ³² Manual de cirugía de columna; Baaj, Ali A. [et al.]; 2ª ed.- Ciudad Autónoma de Buenos Aires: Journal, 2018.
- ³³ Zdichavsky M, Blauth M, Knop C, Graessner M, Herrmann H, Krettek C, et al. Accuracy of Pedicle Screw Placement in Thoracic Spine Fractures: Part I: Inter- and Intraobserver Reliability of the Scoring System. *Eur J Trauma*. 2004;30:234–40.
- ³⁴ Zdichavsky M, Blauth M, Knop C, Lotz J, Krettek C, Bastian L. Accuracy of Pedicle Screw Placement in Thoracic Spine Fractures: Part II: A Retrospective Analysis of 278 Pedicle Screws Using Computed Tomographic Scans. *Eur J Trauma*. 2004;30:241–7.
- ³⁵ Lee CH, Hyun SJ, Kim YJ, Kim KJ, Jahng TA, Kim HJ. Accuracy of free hand pedicle screw installation in the thoracic and lumbar spine by a young surgeon: an analysis of the first consecutive 306 screws using computed tomography. *Asian Spine J*. 2014;8:237-243.
- ³⁶ Hiks JM, Singla A, Shen FH, Arlet V. Complications of pedicle screw fixation in scoliosis surgery: a systematic review. *Spine (Phila Pa 1976)* 35: E465-E470, 2010.
- ³⁷ Lonstein JE, Denis F, Perra JH, Pinto MR, Smith MD, Winter RB. Complications associated with pedicle screws. *J Bone Joint Surg Am* 81: 1519-1528, 1999.
- ³⁸ Merloz P, Tonetti J, Pittet L, Coulomb M, Lavallée S, Sautot P. Pedicle screw placement using image guided techniques. *Clin Orthop Relat Res* 354: 39-48, 1998.

-
- ³⁹ Castro WH, Halm H, Jerosch J, Malms J, Steinbeck J, Blasius S. Accuracy of pedicle screw placement in lumbar vertebrae. *Spine (Phila Pa 1976)* 21: 1320-1324, 1996.
- ⁴⁰ Esses SI, Sachs BL, Dreyzin V. Complications associated with the technique of pedicle screw fixation. A selected survey of ABS members. *Spine (Phila Pa 1976)* 18: 2231-2239, 1993.
- ⁴¹ Schwarzenbach O, Berlemann U, Jost B, Visarius H, Arm E, Langlotz F, et al. Accuracy of computer-assisted pedicle screw placement. An in vivo computed tomography analysis. *Spine (Phila Pa 1976)* 22: 452-458, 1997.
- ⁴² Kim YJ, Lenke LG. Thoracic pedicle screw placement: free-hand technique. *Neurol India*. 2005;53(4):512–519.
- ⁴³ Avila MJ, Baaj AA. Freehand Thoracic pedicle screw placement: review of existing strategies and a step-by-step guide using uniform landmarks for all levels. *Cureus*. 2016;8(2):e501.
- ⁴⁴ Nanda, A. (2018). *Complications in Neurosurgery E-Book*. Elsevier Health Sciences.
- ⁴⁵ Suk SI, Kim WJ, Lee SM, Kim JH, Chung ER. Thoracic pedicle screw fixation in spinal deformities: are they really safe? *Spine (Phila Pa 1976)*. 2001;26:2049-2057.
- ⁴⁶ Nevzati E, Marbacher S, Soleman J, Perrig WN, Diepers M, Khamis A. Accuracy of pedicle screw placement in the thoracic and lumbosacral spine using a conventional intraoperative fluoroscopy- guided technique: a national neurosurgical education and training center analysis of 1236 consecutive screws. *World Neurosurg*. 2014;82: 866-871.
- ⁴⁷ Qian, B., Zhang, Y., Qiao, M., Qiu, Y., & Mao, S. (2018). Accuracy of Freehand Pedicle Screw Placement in Surgical Correction of Thoracolumbar Kyphosis Secondary to Ankylosing Spondylitis: A Computed Tomography Investigation of 2314 Consecutive Screws. *World Neurosurgery*, 116, e850–e855.
- ⁴⁸ Fisher CG, Sahajpal V, Keynan O, Boyd M, Graeb D, Balley C, et al. Accuracy and safety of pedicle screw fixation in thoracic spine trauma. *J Neurosurg Spine*. 2006;5:520-526.
- ⁴⁹ Sarlak AY, Tosun B, Atmaca H, Sarisoy HT, Buluc L. Evaluation of thoracic pedicle screw placement in adolescent idiopathic scoliosis. *Eur Spine J*. 2009;18:1892-1897.
- ⁵⁰ National Spinal Cord Injury Statistical Center. Spinal cord injury: facts and figures at a glance. <https://www.nscisc.uab.edu/Public/Facts%20and%20Figures%20-%202017.pdf>. Updated 2017.
- ⁵¹ Koskinen, E. A., et al. "Centralized spinal cord injury care in Finland: unveiling the hidden incidence of traumatic injuries." *Spinal cord* 52.10 (2014): 779-784.

-
- ⁵² Leucht P, Fischer K, Muhr G, et al. Epidemiology of traumatic spine fractures. *Injury* 2009;40:166-72.
- ⁵³ Wang H, Zhang Y, Xiang Q, et al. Epidemiology of traumatic spinal fractures: experience from medical university-affiliated hospitals in Chongqing, China, 2001-2010. *J Neurosurg Spine* 2012;17:459-68.
- ⁵⁴ Chen YY, Tang Y, Vogel LC, DeVivo MJ. Causes of spinal cord injury. *Top Spinal Cord Inj Rehabil* 2013;19:1-8.
- ⁵⁵ Van den Berg ME, Castellote JM, Mahillo-Fernandez I, de Pedro- Cuesta J. Review: Incidence of spinal cord injury worldwide: A systematic review. *Neuroepidemiology* 2010;34:184-92.
- ⁵⁶ Blair Calancie PhD, Maria R. Molano MD & James G. Broton PhD (2005) Epidemiology and Demography of Acute Spinal Cord Injury in a Large Urban Setting, *The Journal of Spinal Cord Medicine*, 28:2, 92-96, DOI: 10.1080/10790268.2005.11753804
- ⁵⁷ Ouden, L. P. den, Smits, A. J., Stadhouders, A., Feller, R., Deunk, J., & Bloemers, F. W. (2018). *Epidemiology of Spinal Fractures in a level one Trauma Center in the Netherlands; a 10 Years Review. SPINE*, 1.doi:10.1097/brs.0000000000002923
- ⁵⁸ Vaccaro, Alexander R., et al. "AOSpine thoracolumbar spine injury classification system: fracture description, neurological status, and key modifiers." *Spine* 38.23 (2013): 2028-2037.
- ⁵⁹ Aoude, A. A., Fortin, M., Figueiredo, R., Jarzem, P., Ouellet, J., & Weber, M. H. (2015). *Methods to determine pedicle screw placement accuracy in spine surgery: a systematic review. European Spine Journal*, 24(5), 990–1004.doi:10.1007/s00586-015-3853-x
- ⁶⁰ Perdomo-Pantoja, Alexander, et al. "Accuracy of current techniques for placement of pedicle screws in the spine: a comprehensive systematic review and meta-analysis of 51,161 screws." *World neurosurgery* 126 (2019): 664-678.

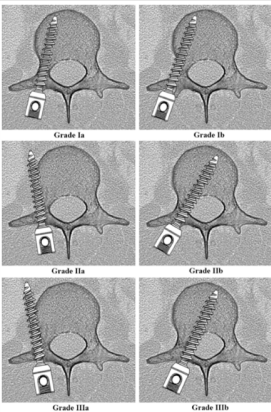
8. ANEXOS

Anexo 1. Hoja de recolección de datos

RESULTADOS DE LA COLOCACION DE TORNILLOS TRANSPEDICULARES TORACOLUMBARES GUIADOS POR FLUOROSCOPIA EN EL CENTRO MEDICO LIC. ADOLFO LOPEZ MATEOS

| | | |
|---------------------|--------------------|--------------------|
| FI: | | CASO N° |
| NOMBRE: | EDAD: | SEXO: |
| EXPEDIENTE: | FECHA DE EGRESO: | DEH POSQUIRURGICA: |
| FECHA DE CIRUGIA: | AOSpine: | FRANKEL: |
| ETIOLOGIA: | TIEMPO QUIRURGICO: | SANGRADO: |
| NIVEL DE FRACTURA: | COMPLICACIONES: | |
| SEGMENTO FUSIONADO: | | |
| COMORBILIDADES: | | |

| VERTEBRA | DERECHO | IZQUIERDO |
|----------|---------|-----------|
| T1 | | |
| T2 | | |
| T3 | | |
| T4 | | |
| T5 | | |
| T6 | | |
| T7 | | |
| T8 | | |
| T9 | | |
| T10 | | |
| T11 | | |
| T12 | | |
| L1 | | |
| L2 | | |
| L3 | | |
| L4 | | |
| L5 | | |



Sistema de puntuación Zdicavsky de tornillo pedicular para la evaluación de la colocación del tornillo pedicular

Grado Ia \geq mitad de PSD dentro del pedículo y \geq mitad de PSD dentro del cuerpo vertebral.

Grado Ib $>$ mitad de PSD lateral fuera del pedículo y $>$ mitad de PSD dentro del cuerpo vertebral.

Grado IIa \geq la mitad de la PSD dentro del pedículo y $>$ mitad de la PSD lateral fuera del cuerpo vertebral.

Grado IIb $>$ la mitad de la PSD dentro del pedículo y la punta de la PS que cruza la línea media del cuerpo vertebral.

Grado IIIa $>$ la mitad de la PSD lateral fuera del pedículo y $>$ mitad de la PSD lateral fuera del cuerpo vertebral.

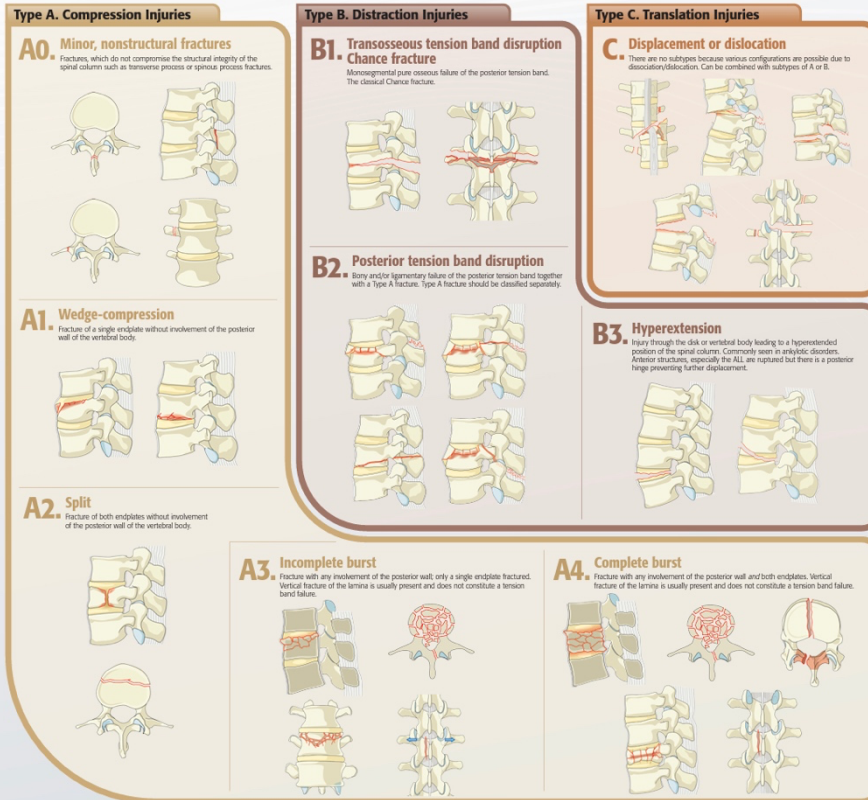
Grado IIIb $>$ la mitad de la PSD medial fuera del pedículo y la punta de la PS que cruza la línea media del cuerpo vertebral.

Tornillo pedicular PS, diámetro del tornillo pedicular PSD

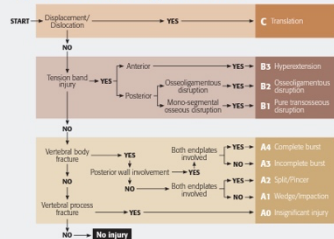
Anexo 2. Sistema de clasificación AOspine de las fracturas toracolumbares



AOSpine Thoracolumbar Classification System



Algorithm for morphologic classification



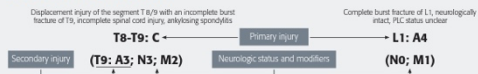
Neurology

| Type | Description |
|------|--|
| No | Neurologically intact |
| N1 | Transient neurologic deficit, which is no longer present |
| N2 | Radicular symptoms |
| N3 | Incomplete spinal cord injury or any degree of cauda equina injury |
| N4 | Complete spinal cord injury |
| NX | Neurologic status is unknown due to sedation or head injury |
| + | Continued spinal cord compression |

Modifiers

| Type | Description |
|------|---|
| M1 | This modifier is used to designate fractures with an indeterminate injury to the tension band based on spinal imaging with or without MRI. This modifier is important for designating those injuries with stable injuries from a bony standpoint for which ligamentous insufficiency may help determine whether operative stabilization is a consideration. |
| M2 | Is used to designate a patient-specific comorbidity, which might argue either for or against surgery for patients with relative surgical indications. Examples of an M2 modifier include ankylosing spondylitis or burns affecting the skin overlying the injured spine. |

Classification nomenclature



02/2017

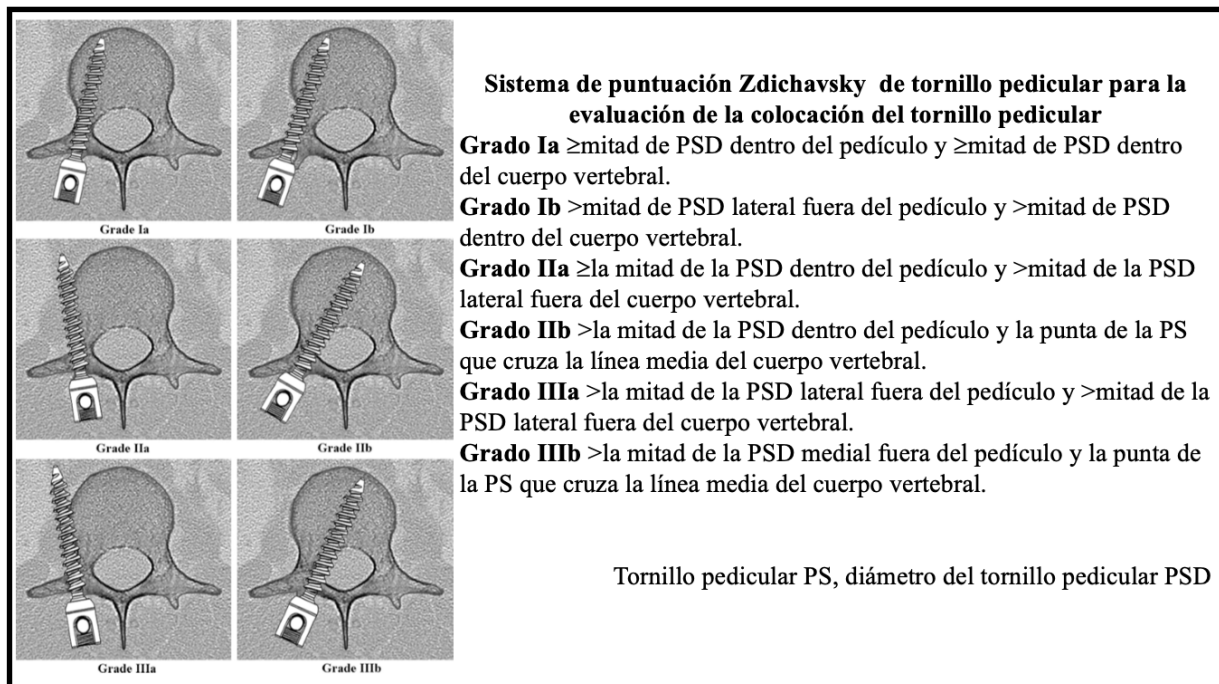
© Thomas A. R. C. Ory, C. K. Taylor, M. Ozkan, K. Schmitt, C. Bessieres, M. Reinsel, B. Aerts, F. Kerdons, J. Chapman, S. Thammagowthu, M. Hattler, L. Vialle, A. G. C. T. Taylor and J. Thoma Knowledge 2016. "AOspine Thoracolumbar spine injury classification system: fracture description, morphologic status, and key features." Spine (Phila Pa 1976) 41(23): 2024-2037

J. Taylor, C. K. Taylor, R. Vaccaro, J. D. Keenan, M. F. O'Connell, F. Kerdons, S. Reinsel, B. Aerts, J. E. Staley, M. G. Fehring, C. D. Schroeder, M. Reinsel, K. J. Schmitt, C. Bessieres and J. Curran Orthopedics. "Reliability analysis of the AOspine thoracolumbar spine injury classification system by a European group of spine surgeons." Eur Spine J 26(24): 26



Further information:
www.aospine.org/classification

Anexo 3. Sistema de clasificación de la colocación de tornillos transpediculares



Anexo 4. Sistema de clasificación de Frankel para lesiones incompletas en traumatismo raquímedular

| Clasificación de Frankel para lesiones incompletas. | |
|---|---|
| A. Completa | Ausencia de toda función motora y sensitiva por debajo de la zona de preservación parcial. |
| B. Incompleta | Sensibilidad preservada. Función motora voluntaria ausente. |
| C. Incompleta | Preservación de función motora voluntaria, la cual es mínima y no es útil funcionalmente. La mayoría de los músculos, clave están en menos de 3 grados. |
| D. Incompleta | Actividad motora funcional preservada por debajo de la lesión, la función motora voluntaria es útil. Los músculos están por lo menos en grado 3. |
| E. Completo | Retorno de toda la función motora y sensitiva, aunque pueden persistir reflejos anormales. |