

ANÁLISIS MORFOMÉTRICO DE PEDÍCULOS TORÁCICOS EN ESCOLIOSIS IDIOPÁTICA DEL ADOLESCENTE

Morphometric analysis of thoracic pedicles in adolescent idiopathic scoliosis

Dr. Simón Chang*, Dr. Juan Hernández*, Dr. Víctor Dávila**.

RESUMEN

Existen pocos estudios relacionados con la morfometría del pedículo en la población latinoamericana con escoliosis idiopática del adolescente (EIA). El objetivo del trabajo es destacar las características morfométricas del pedículo en pacientes venezolanos con EIA; por lo que se realizó un estudio prospectivo. Los pacientes fueron sometidos a rastreo tomográfico computarizado (TC). El pedículo de la concavidad es ligeramente de mayor diámetro y con mayor angulación medial que el lado convexo, especialmente en la región apical de la curva escoliótica; la profundidad de inclusión al cuerpo vertebral era menor del lado convexo en comparación con el cóncavo. La anatomía del pedículo en pacientes con escoliosis muestra altas variaciones individuales y un estudio cuidadoso de la TC preoperatoria es esencial para la planificación de instrumentación transpedicular. Tornillos ligeramente más largos pueden ser introducidos en el lado de la concavidad en comparación con el lado convexo.

Palabras Clave: morfología pedicular, columna torácica inmadura, escoliosis idiopática.

Nivel de evidencia: II

ABSTRACT:

There are few studies related to pedicle's morphometry in Latin American population and adolescent idiopathic scoliosis (AIS). Objective was to highlight Venezuelan's AIS morphometric characteristics in this prospective study. Computer Tomographic (CT) Scan was performed to patients. The pedicle of the concavity has a slightly larger diameter and greater angle than the convexity, particularly in the apical region of the scoliosis curve; vertebral body inclusion depth was lower on the convex side as compared with the concave side. Pedicle's anatomy in patients with scoliosis shows high individual variations and a careful study of preoperative CT planning is essential for transpedicular instrumentation. Slightly longer screws can be introduced into the side of the concavity compared with the convex side, despite the difference in the depth of inclusion in the vertebral body is not statistically significant in most of the levels.

Key words: pedicle morphology, immature thoracic spine, idiopathic scoliosis.

(*) Traumatólogo - Ortopedista / Especialista en Cirugía de Columna Vertebral. HUMNT, Maturín, Edo. Monagas, Venezuela.

(**) Traumatólogo - Ortopedista / Especialista en Cirugía de Columna Vertebral / Coordinador Docente - Postgrado de Cirugía de Columna Vertebral / Jefe de Servicio - Departamento de Traumatología y Ortopedia. HUMNT, Maturín, Edo. Monagas, Venezuela.

Institución Afiliada:

Unidad de Cirugía de Columna Vertebral del Departamento de Traumatología y Ortopedia del Hospital Universitario "Dr. Manuel Núñez Tovar", Maturín, Edo. Monagas, Venezuela.

Dirección de Correspondencia:

Calle 27 Sur, Res. San José, Edif. C-D, Apto 2-C, Sector Pueblo Nuevo Sur, El Tigre, Edo. Anzoátegui, Zona Postal 6050, Venezuela.

E-mail: drxchang@yahoo.com - Cel: 0414-8522533

INTRODUCCIÓN

La escoliosis en la actualidad es ampliamente reconocida como una deformidad tridimensional de la columna vertebral, particularmente pronunciada en las vértebras apicales. El tratamiento quirúrgico de la escoliosis idiopática del adolescente (EIA), ha evolucionado desde la instrumentación de Harrington hasta el uso de tornillos transpediculares torácicos, los cuales se han convertido actualmente en el estándar de oro para la corrección tridimensional de la deformidad.¹

La clave para el uso seguro y eficaz de los tornillos transpediculares en segmentos torácicos de la columna vertebral deformada es entender la anatomía pedicular. Se han hecho estudios sobre morfometría pedicular en la columna vertebral torácica y lumbar no deformada, con el fin de encontrar un patrón constante que se pueda aplicar en el desempeño de la colocación del tornillo transpedicular.²

Los estudios han demostrado que la anchura transversal del pedículo, es el menor diámetro del pedículo en cualquier nivel dado y es el factor limitante en el uso del tornillo de diámetro más grande. De igual manera, estos estudios llevan a concluir que hay una variabilidad interracial en la anatomía del pedículo. Existen cambios anatómicos, como desviación del cuerpo hacia el lado cóncavo, pedículos más cortos y más delgados en el lado cóncavo, como pedículos más largos y más gruesos en los lados convexos de la curva y más pronunciados en la región apical de la misma.³

La morfología pedicular se ha convertido en un tema importante con el advenimiento de los sistemas de instrumentación espinal que incluyen el pedículo para incrementar la fijación en las vértebras. Las recientes innovaciones en estos sistemas permiten la incorporación de tornillos transpediculares y ganchos en los sistemas adecuados para su uso, en la corrección de las deformidades de la columna vertebral, traumas, estabilización después de hemivertebrectomías, espondilolistesis istmica y en casos como el mielomeningocele, donde los elementos

posteriores no existen.⁴

Una revisión de la literatura proporciona información limitada acerca de los cambios locales que se producen en la EIA, realizándose la mayoría de estos estudios, en escasos ejemplares anatómicos con grandes curvaturas. La mayor parte del conocimiento que tenemos actualmente sobre los cambios locales se basa en estudios observacionales.

Varias representaciones de vértebras escolióticas existen en la literatura; sin embargo, a menudo estas son representaciones artísticas de casos aislados y por lo tanto, no pueden representar con precisión los cambios locales que ocurren en el nivel vertebral. En esta literatura existe una gran controversia sobre observaciones aisladas realizadas por diferentes autores o, en algunos casos, por el mismo autor.

En un intento de cuantificar cambios que se producen a nivel de los pedículos, *Liljenqvist et al* señalaron, que el tamaño del pedículo es significativamente más pequeño en pedículos torácicos situados en la concavidad de curvas torácica en escoliosis, pero el estudio se limita solamente a este aspecto en vértebras escolióticas. Otra limitación de dicho estudio es la ausencia de un grupo de control, en las cuales se comparen los pedículos situados en la convexidad como en la concavidad de las curvas escolióticas.⁵

En otro estudio realizado por *O'Brien et al*, los autores informaron el análisis imagenológico de la anatomía pedicular torácica en un grupo de 29 pacientes con EIA, los cuales disponían tanto de exámenes radiológicos y tomografía computarizada (TC). Su análisis no mostró una disminución significativa en el diámetro pedicular de los pacientes con EIA; concluyéndose a través de sugerencias que “la propia deformidad (rotación), en lugar de la anatomía vertebral local, aumenta el grado de dificultad y el peligro potencial de esta técnica en comparación con columnas no escolióticas”.^{6,7}

Para la implantación del tornillo transpedicular es indispensable, un conocimiento profundo de la morfometría

de las vértebras. El mal posicionamiento de los tornillos no sólo puede afectar la rigidez y la resistencia al desprendimiento, sino también puede dar lugar a complicaciones graves, entre ellas: daño de estructuras neurológicas, vasculares y/o viscerales. Investigaciones en varios estudios radiográficos y cadavéricos han analizado los datos morfométricos, tanto de vértebras torácicas como lumbares en columnas normales. En cuanto a deformidades espinales, los resultados de estudios cadavéricos de vértebras apicales han demostrado una deformidad intravertebral y un crecimiento asimétrico de las vértebras escolióticas. Sin embargo, series mayores de datos morfométricos en escoliosis, las cuales proveerían información quirúrgica relevante, son escasas en la actualidad.

Existen pocos estudios sobre la anatomía del pedículo en la población latinoamericana y ninguno en pacientes venezolanos con EIA. El propósito del presente estudio, fue analizar las características morfométricas de las vértebras torácicas en EIA, mediante tomografía computarizada y la comparación de nuestros datos con los de otros estudios similares.

MATERIAL Y MÉTODO

Un estudio de cohorte prospectivo se llevó a cabo en nuestra institución, entre los pacientes que asisten a la clínica de escoliosis, en el periodo 2012-2013. Las personas objeto de nuestro estudio fueron siete pacientes de sexo femenino con escoliosis idiopática del adolescente, con curvas de menos de 150°. La edad promedio de 14,4 años (12 a 17 años). Todos los pacientes tenían curva torácica derecha mayor (King II).

Dichos pacientes fueron sometidos a rastreo tomográfico computarizado (Marca: Toshiba Aquilion Multicorte 64) de columna toracolumbosacra, cortes axiales de 2mm, tomadas a través de la región de los pedículos para el análisis morfométrico. Para ello, se obtuvo consentimiento escrito, de todos los pacientes incluidos en el estudio. Se deja constancia que el protocolo de estudio fue aprobado por el comité ético de la institución.

Las exploraciones se analizaron mediante la medición del ancho-altura pedicular, ángulo transversal-sagital, longitud del pedículo, como longitud de inclusión en el cuerpo vertebral, tanto en el pedículo cóncavo como en el convexo de la columna torácica (T1 a T12). Para este propósito, curvas muy graves con más de 150° (Cobbs) no se incluyeron en el estudio. Se incluyó específicamente los parámetros anatómicos más importantes del pedículo, todos útiles durante la inserción de los tornillos pediculares torácicos en cirugía de columna.^{8,9}

Los parámetros de referencia son: 1. Ancho transversal pedicular: proporciona al cirujano el diámetro del tornillo transpedicular más grande que se puede utilizar de forma segura a un nivel dado. Se define como la anchura más estrecha del pedículo en el plano transversal. Para mayor facilidad y reproducibilidad, ambas corticales externas de los pedículos se miden en las tomografías computarizadas (Grafico 1). 2. Ángulo transversal pedicular: indica al cirujano la cantidad de angulación transversal requerida para realizar el agujero piloto en la colocación de tornillos pediculares. Se define como el ángulo entre el eje longitudinal del pedículo y una línea paralela al eje vertebral en el plano transversal. El eje vertebral es la línea bisectriz del ángulo entre las líneas formadas por la unión posterior de ambas láminas. El ángulo de pedículo transversal está formado por el ángulo entre el eje del pedículo y una línea paralela al eje vertebral (Grafico 2). 3. Longitud pedicular: se midió la distancia desde la parte posterior del punto de entrada cortical del pedículo hasta el ligamento longitudinal común posterior a lo largo del eje del pedículo (Grafico 3). 4. Profundidad de inclusión en cuerpo vertebral: esto sugiere la longitud apropiada del tornillo que se puede utilizar en cualquier nivel dado. Se define como la distancia a lo largo del eje transversal pedículo, desde el punto más posterior en el proceso transversal a la cortical anterior de la vértebra (Grafico 4). 5. Altura sagital pedicular: se define como la longitud más estrecha (Istmo) del pedículo en el plano sagital (Grafico 5). 6. Ángulo sagital pedicular: indica al cirujano la cantidad de angulación sagital requerida, al hacer el agujero piloto en la colocación de tornillos pediculares. Se define como el ángulo

entre el eje longitudinal del pedículo y una línea paralela al platillo vertebral en el plano sagital (Grafico 6).

Todos los parámetros en el lado cóncavo se compararon con el valor correspondiente en el lado convexo.¹⁰

El esquema de análisis de los datos del presente trabajo, fue procesado como una base de variables cuantitativas mediante el programa IBM S.P.S.S. Statistics 19.

Criterios de Inclusión:

- Pacientes con diagnóstico de Escoliosis Idiopática del Adolescente.
- Edad comprendida entre 10 y 18 años.
- Todo paciente con indicación de colocación de sistemas de fijación con tornillos transpediculares, como tratamiento quirúrgico.
- Consentimiento informado escrito y autorizado.

Criterios de Exclusión:

- Deformidad escoliótica de otra etiología.
- Patologías vertebrales traumáticas y/o tumorales.
- Pacientes con embarazo en curso.
- Niveles vertebrales previamente fusionados.
- Renuencia a firmar el consentimiento informado.

RESULTADOS

La variable del género no se tomó en consideración para estimar el efecto asociativo en las dimensiones vertebrales torácicas medidas debido a las limitaciones del estudio.

El factor de edad aparenta presentar un efecto asociativo en los aspectos de la altura sagital y la profundidad de inclusión pedicular al cuerpo vertebral. El nivel vertebral parece ser el predictor más sólido del tamaño en las dimensiones torácicas y la explicación de la varianza en la mayoría de las dimensiones establecidas.

Las mediciones de la anchura transversal pedicular fue-

ron ligeramente de menor diámetro en todos los pedículos ubicados en la convexidad, comparados con los del lado cóncavo. Sin embargo, las diferencias entre los lados cóncavos o convexos no fueron estadísticamente significativas en la mayoría de los niveles ($P > 0,05$). De igual manera se pudo evidenciar la disminución de los diámetros, en los niveles de la columna torácica media (T4 a T9) tanto en los lados cóncavos como convexos (Grafico 1); aunque se observaron amplias variaciones individuales, las diferencias entre ambos lados no fueron estadísticamente significativas, en la mayoría de los niveles ($P > 0,05$). Existe un patrón constante, observado similarmente en la columna no deformada, donde se establece que el ángulo transversal del pedículo pasa a disminuir gradualmente desde T1 a T12 y luego otra vez aumenta de L1 a L5 (Grafico 2).

Las mediciones de la longitud pedicular variaron mínimamente con un rango de 19 a 22 mm y fueron relativamente constantes a través de la columna torácica. Se evidenció un ligero incremento en las longitudes pediculares en el lado de la concavidad (Grafico 3).

Profundidad de inclusión en el cuerpo vertebral

La profundidad de inclusión en el cuerpo vertebral, a la corteza anterior, es menor en la columna torácica superior y aumenta a medida que nos desplazamos hacia un nivel más inferior en la columna torácica. También se observó una ligera disminución en la longitud de profundidad en el lado convexo, en comparación con el lado cóncavo correspondiente (Grafico 4).

Las mediciones de la altura sagital pedicular, fueron constantemente de menor diámetro en todos los pedículos ubicados en la concavidad, comparados con los del lado convexo. Sin embargo, las diferencias entre los lados cóncavos o convexos no fueron estadísticamente significativas en la mayoría de los niveles ($P > 0,05$). Se determinó el incremento de la altura pedicular a medida que nos desplazamos hacia un nivel más inferior en la columna torácica, tanto en los lados cóncavos como convexos (Grafico 5).

Se observó a lo largo de la mayor parte de la columna

torácica una angulación sagital pedicular con una inclinación caudal de posterior hacia anterior, con la disminución de los ángulos sagitales en los niveles de la columna torácica media (T4 a T9), tanto en los lados cóncavos como convexos (Grafico 6).

DISCUSIÓN

Estudios clínicos han demostrado la aceptable seguridad del uso de tornillos transpediculares, en pacientes con escoliosis. El parámetro anatómico más importante que limita el uso de tornillos transpediculares en la columna torácica, es el ancho transversal pedicular. En la columna vertebral no deformada, el ancho pedicular es menor entre los niveles T3 a T6 de la columna vertebral. Los pedículos en la columna vertebral escoliótica han demostrado ser más delgados en el lado cóncavo en comparación con el lado convexo.^{6,11,12}

El presente estudio contrasta con estos hallazgos y se encontró que el pedículo cóncavo resultó ser ligeramente de mayor diámetro que el pedículo convexo. Los pedículos de menor diámetro se observaron con mayor frecuencia en el ápice de la deformidad. En su estudio TC multiplanar en pacientes con escoliosis, *Takeshita et al*, encontró que los pedículos más finos son entre T3-T5 en el lado cóncavo. En contraste, *Liljenqvist et al*, encontraron los pedículos más delgados en la región apical cóncava de las curvas torácicas entre T7 y T10.¹¹

En comparación con los estudios en la columna no deformada, la escoliosis muestra un patrón similar de ancho transversal pedicular decreciente, desde T1 a T4 y luego, gradualmente ir aumentando de T4 hacia abajo. Esto se ha demostrado de igual manera, en pacientes latinoamericanos.¹²

El estudio de *Liljenqvist et al*, establece el diámetro endosteal del istmo pedicular con valores tan bajos como 2,5 mm en el pedículo de la vértebra apical cóncava (T8-T9). Sin embargo, el espesor de la corteza pedicular mide aproximadamente entre 1 y 2 mm. Por lo tanto, estos va-

lores se incrementarían en 1-2 mm para el diámetro exterior del pedículo y se ha demostrado que los tornillos transpediculares se pueden insertar de forma segura hasta 80% - 115% del diámetro exterior pedicular, sin compromiso a la estructura del pedículo o fijación.

El segundo parámetro anatómico importante a considerar durante la inserción del tornillo transpedicular es el ángulo transversal pedicular. El presente estudio muestra que el ángulo de pedículo transversal fue mayor en el lado cóncavo en todos los niveles, en comparación con los pedículos convexos correspondientes. En contraste, para *Liljenqvist et al*, el ángulo del pedículo convexo fue más consistente que la angulación cóncava en todos los niveles.

Las observaciones de este estudio son consistentes con los hallazgos de *Takeshita et al*, quienes han informado de que la angulación del pedículo cóncavo en el plano transversal, sea algo más que la angulación pedicular del lado convexo. La razón de esto podría ser, la deformación intravertebral que se desarrolla con la rotación de la columna escoliótica.

Estudios asiáticos como norteamericanos han demostrado que el ángulo transversal pedicular en la columna vertebral no deformada, disminuye constantemente desde un máximo en T1 (25-35°) a cero grados de angulación o negativo a nivel de T12.¹³ En cambio, con el presente estudio se evidenció cierta variación en el ángulo transversal máximo en la región periapical, registrada predominantemente en el lado cóncavo de la curva escoliótica.

El tercer parámetro de importancia para la selección de la longitud del tornillo transpedicular apropiado, es la profundidad a la corteza anterior a lo largo del eje pedículo. Este estudio muestra que el lado cóncavo puede alojar un tornillo transpedicular ligeramente más largo que el lado convexo correspondiente. Sin embargo, el aumento en la longitud de la profundidad en la concavidad, en comparación con el lado convexo fue mínimo y estadísticamente insignificante en la mayoría de los niveles.

Takeshita et al y Liljenqvist et al, también han informado sobre una longitud de inclusión mayor en el pedículo cóncavo de la curva escoliótica, en comparación con el lado convexo. La razón más probable para este hallazgo es la deformación intravertebral informado por Xiong et al, que demostraron en su estudio que el cuerpo vertebral se desplaza hacia la concavidad en el plano transversal, con la rotación de la columna vertebral. Por consiguiente, el cuerpo vertebral está ligeramente desplazado hacia la parte cóncava, observándose una mayor longitud acorde en el lado cóncavo.

Los parámetros sagitales que han sido incluidos en este estudio: altura sagital pedicular y ángulo sagital pedicular, son de menor importancia en la inserción del tornillo transpedicular en la columna torácica.

CONCLUSIONES

Los datos del estudio muestran que el análisis morfométrico en vértebras escolióticas, es sustancialmente diferente de las vértebras en las columnas normales, con vértebras que muestran una deformidad intravertebral asimétrica. La instrumentación transpediculares en la concavidad de la región apical en las curvas torácicas es crítica, debido al menor diámetro endóstico del pedículo.

Este estudio concluye que durante la planificación de la instrumentación transpedicular en EIA, el cirujano debe ser consciente que el pedículo de la concavidad es de menor diámetro y con mayor angulación medial que el lado convexo, especialmente en la región apical de la curva escoliótica. Otra consideración es la deformidad intravertebral y la curvatura de los pedículos en la región apical, como magnitud a medida que la curva aumenta.

La anatomía del pedículo en EIS, muestra muy altas variaciones individuales y un estudio cuidadoso de la TC preoperatoria es esencial para la planificación de la correcta colocación del tornillo transpedicular. Además, en comparación con la población occidental, las mediciones de las variables en los pacientes latinoamericanos son

menores, con anchos y ángulos transversales pediculares inferiores.

Con respecto a la longitud de la instrumentación transpedicular, tornillos ligeramente más largos pueden ser introducidos en el lado de la concavidad en comparación con el lado convexo, a pesar de que la diferencia en la profundidad de inclusión en el cuerpo vertebral no es estadísticamente significativa en la mayoría de los niveles.

REFERENCIAS

1. Zindrick MR, Knight GW. Pedicle morphology of the immature thoracolumbar spine. *Spine* 2000; 25(6):2726-2735.
2. Shi YM, Chai W. A study on the morphology of thoracic spine. *Chin J Spine Spinal Cord* 2000; 12(10):191-193.
3. Liljenqvist UR, Allkemper T. Pedicle morphology of the thoracic spine in preadolescent idiopathic scoliosis: magnetic resonance supported analysis. *Eur Spine J* 2007; 16(8):1203-1208.
4. Takeshita K, Maruyama T. Diameter, length, and direction of pedicle screws for scoliotic spine: analysis by multiplanar reconstruction of computed tomography. *Spine* 2009; 34(8):798-803.
5. Liljenqvist UR, Link TM. Morphometric analysis of thoracic and lumbar vertebrae in idiopathic scoliosis. *Spine* 2000; 25(6):1247-1253.
6. O'Brien MF, Lenke LG. Pedicle morphology in thoracic adolescent idiopathic scoliosis: is pedicle fixation an anatomically viable technique?. *Spine* 2000; 25(10):2285-2293.
7. Laporte S, Mitton D. Quantitative morphometric study of thoracic spine. A preliminary parameters statistical analysis. *Eur J Orthop* 2000; 10:87-91.
8. Kim N, Lee H, Chung I. Morphometric study of the pedicles of thoracic and lumbar vertebrae in Koreans. *Spine* 1994; 19:1390-1394.
9. Datir SP, Mitra SR. Morphometric study of the thoracic vertebral pedicle in an Indian population. *Spine* 2004; 29(7):1174-1181.
10. Datir SP, Mitra SR. Morphometric study of the lumbar pedicle in the Indian population as related to pedicular screw fixation. *Spine* 2002; 27:453-459.
11. Takeshita K, Maruyama T. Diameter, length, and direction of pedicle screws for scoliotic spine: Analysis by multiplanar reconstruction of computed tomography. *Spine* 2009; 34:798-803.
12. Xiong B, Sevastik B. Horizontal plane morphometry of normal

and scoliotic vertebrae. *Eur Spine J* 1995; 4:6-10.

13. Kotwicki T, Napiontek M. Intravertebral deformation in idiopathic scoliosis: A transverse plane computer tomographic study. *J Pediatr Orthop* 2008; 28(2):225-229.

ANEXOS

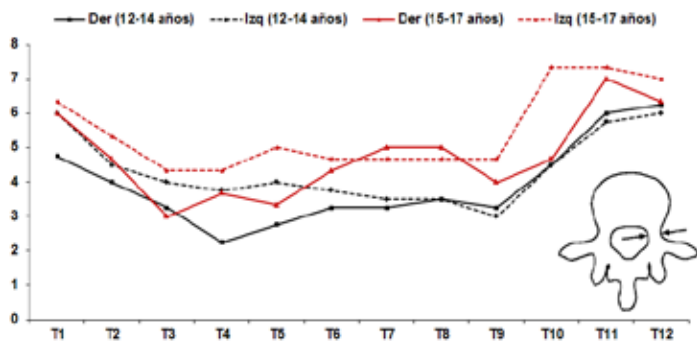


Grafico 1. Análisis morfométrico del ancho transversal pedicular.

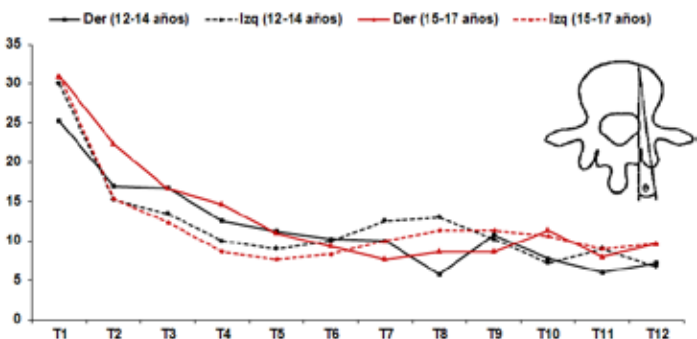


Grafico 2. Análisis morfométrico del ángulo transversal pedicular.

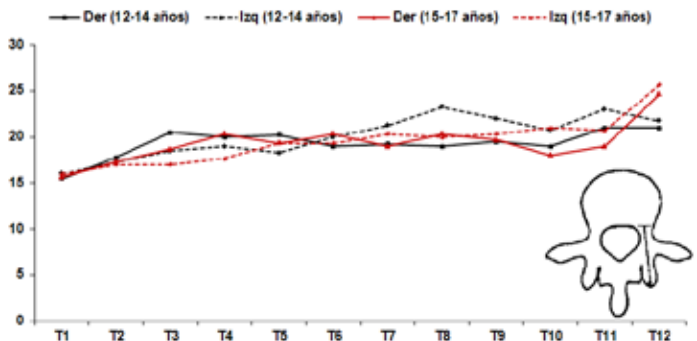


Grafico 3. Análisis morfométrico de la longitud pedicular.

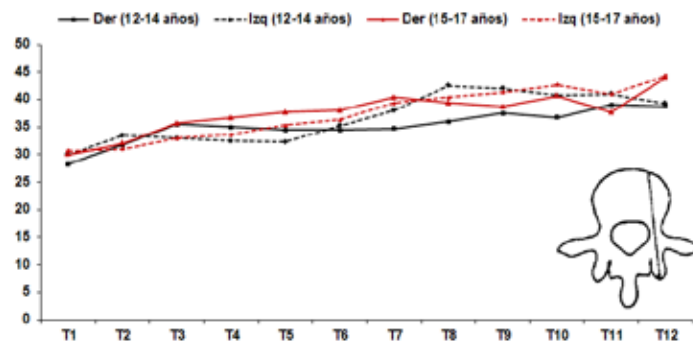


Grafico 4. Análisis morfométrico de la profundidad de inclusión en cuerpo vertebral.

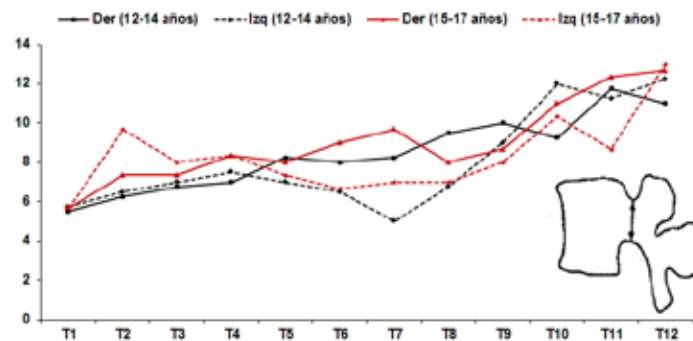


Grafico 5. Análisis morfométrico de la altura sagital pedicular.

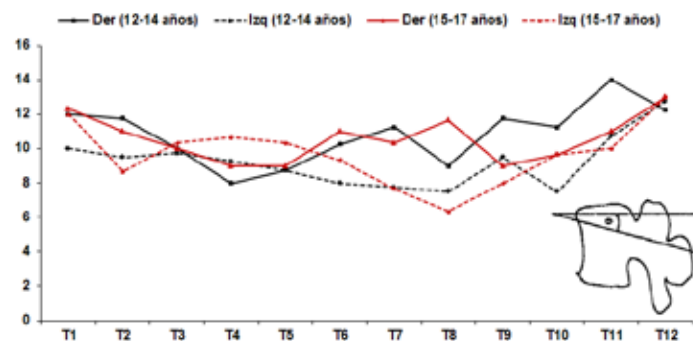


Grafico 6. Análisis morfométrico del ángulo sagital pedicular.