

Osteotomía de Thomasen en el desequilibrio sagital por espondilitis anquilopoyética

Thomasen osteotomy for sagittal imbalance due to ankylosing spondylitis

Rodrigo de Jesús Rajadel Alzuri^{1*} <https://orcid.org/0000-0001-6025-4641>

Raúl R. Candebat Rubio¹ <https://orcid.org/0000-0002-8718-1507>

Orestes Mauri Pérez¹ <https://orcid.org/0000-0002-7992-7364>

¹Hospital Clínico Quirúrgico “Hermanos Ameijeiras”. La Habana, Cuba.

*Autor para la correspondencia: rodrigorajadel@infomed.sld.cu

RESUMEN

Introducción: La espondilitis anquilopoyética es una enfermedad inflamatoria crónica de etiología desconocida que afecta fundamentalmente al esqueleto axial y apendicular, con tendencia a la fibrosis y la anquilosis ósea progresiva. Está asociada a la limitación y a la incapacidad de carácter postural.

Objetivo: Demostrar que la osteotomía de Thomasen es un procedimiento efectivo para realizar la corrección y manejar el desequilibrio sagital, provocadas por la espondilitis anquilopoyética.

Presentación de caso: Se le realizó la osteotomía de sustracción pedicular (Thomasen) en la columna lumbar media (L3) con el objetivo de restituir el balance sagital lo más próximo posible a la normalidad. No se reportaron complicaciones.

Conclusiones: Se obtuvo un buen resultado funcional, con un alto grado de satisfacción del paciente, mejorando su calidad de vida. Este proceder es una de las opciones a tener en cuenta en la cirugía correctora espinal con resultado satisfactorio.

Palabras clave: osteotomía de sustracción pedicular; balance sagital; espondilitis anquilopoyética.

ABSTRACT

Introduction: Ankylosing spondylitis is a chronic inflammatory disease of unknown etiology and which mainly affects the axial and appendicular skeleton, with a tendency to fibrosis and progressive bony ankylosis, associated with postural limitation and disability.

Objective: To show that Thomasen osteotomy is an effective procedure for correcting and managing sagittal imbalance caused by ankylosing spondylitis.

Case presentation: Pedicle subtraction osteotomy (Thomasen) was performed on the middle lumbar spine (L3) with the objective of restoring sagittal balance as close to normal as possible. No deaths were reported.

Conclusions: Good functional outcome was obtained, with a high degree of patient satisfaction and improvement in their quality of life. This procedure is one of the options to be considered in spinal corrective surgery, with satisfactory outcomes.

Keywords: pedicle subtraction osteotomy; sagittal balance; ankylosing spondylitis.

Recibido: 22/07/2021

Aprobado: 23/10/2021

Introducción

La espondilitis anquilopoyética (EA) conocida también como enfermedad de Strumpell-Marie es una enfermedad inflamatoria crónica de etiología desconocida que afecta fundamentalmente al esqueleto axial y apendicular, con tendencia a la fibrosis y la anquilosis ósea progresiva. Está asociada a la limitación y a la incapacidad de carácter postural. La enfermedad de carácter autoinmune, afecta principalmente a hombres en una proporción de 4:1. Es la más frecuente de las llamadas espondiloartropatías seronegativas, que también reúnen la artritis psoriática, la artritis reactiva, la artritis relacionada a la enfermedad inflamatoria intestinal y la espondiloartropatía indiferenciada.⁽¹⁻³⁾

La prevalencia en Norteamérica y Europa es de 0,1 a 1,4/100 000 habitantes y se inicia generalmente entre los 15 y 35 años de edad, aunque el diagnóstico suele retrasarse hasta los

10 años del inicio de los síntomas. Estos pueden ser dolor crónico, deformidad y discapacidad.^(1,3,4)

La articulación sacroilíaca suele ser la primera afectada, seguida por las articulaciones apofisarias vertebrales y las articulaciones costovertebrales. Las deformidades de los pacientes con EA son resultado de la cifosis aumentada y la flexión excesiva de las caderas. Todas las áreas de la columna pueden estar comprometidas, siendo la zona lumbar la afectada con mayor frecuencia, seguida de las columnas torácica y cervical.^(1,4)

La etiología de la EA continúa esclareciéndose, se ha descrito la relación con infecciones bacterianas y con el antígeno del complejo mayor de histocompatibilidad HLA-B27. El 90 % de los pacientes con EA presentan positivo este antígeno, aunque solo el 10 % de los pacientes portadores desarrollan EA.⁽¹⁻⁵⁾

En una columna normal el contorno sagital se encuentra equilibrado. Si al trazar una línea de plomada desde el centro del cuerpo de C2, pasa por el ángulo posterior del platillo de S1. Alteraciones en esta línea de más de 4 cm se consideran patológicas, produciéndose una deformidad cifótica, que además puede generar cambios adaptativos en la pelvis y rodillas.^(2,7,8) El desequilibrio sagital fijo es una patología en la cual la línea de plomada C2-S1 se desplaza anteriormente al sacro. La deformidad estética y el dolor lumbar son los motivos de consulta más frecuentes. El tratamiento más utilizado para corregir el desequilibrio sagital son las osteotomías de extensión (osteotomías multisegmentarias de cuña de apertura con ruptura del ligamento longitudinal anterior tipo Smith-Petersen, osteotomías de cuña posterior multisegmentarias o de Ponte y la osteotomía de cuña de cierre posterior monosegmentaria o sustracción pedicular tipo Thomasen.^(6,8,9)

La primera referencia de tratamiento quirúrgico de esta afección data del año 1945 cuando Smith Petersen, Larson y Aufranc describieron una osteotomía vertebral posterior para corregir la deformidad en flexión que frecuentemente aparece en la EA. En 1985 Thomasen publicó correcciones promedio de 80° a 90° tras efectuar osteotomías vertebrales por sustracción pedicular en la columna lumbar media e instrumentación espinal.^(7,9)

El objetivo de las osteotomías vertebrales es restituir el equilibrio espinal lo más próximo posible a la normalidad, evitando cualquier hipercorrección. El análisis del desequilibrio sagital es un prerequisite obligatorio antes de realizar el procedimiento de corrección quirúrgica. Cada técnica de osteotomía vertebral tiene sus exigencias y sus limitaciones.^(6,8,9)

Se denomina desequilibrio sagital a la condición en la que un paciente presenta la línea de soporte de carga anterior al sacro. Típicamente se presenta con pérdida de la lordosis lumbar o aplanamiento de la misma. La cifosis toracolumbar fija puede causar dificultad al sentarse, alteración del eje sagital total, flexión de caderas y rodillas, así como dolor persistente.⁽¹⁰⁻¹²⁾ Este desequilibrio a su vez conduce a cambios adaptativos que van a producirse en la pelvis y en las extremidades inferiores, cambiando el ángulo de la pelvis y forzando a las caderas y rodillas a flexionarse en grados variables, para compensar los cambios que se producen en la alineación de la columna.⁽¹¹⁻¹⁵⁾

Las deformidades espinales tienen una repercusión considerable sobre el estado físico y psíquico de los pacientes. La corrección del desequilibrio sagital es un auténtico desafío terapéutico para el cirujano de la columna. En algunos casos, las osteotomías vertebrales son el único método terapéutico para resolver los problemas de desequilibrio espinal en varios planos del espacio. La elección de la técnica de osteotomía depende del análisis del desequilibrio raquídeo en el plano sagital, de la orientación de la pelvis y de los desequilibrios asociados en el plano frontal.^(10,15)

Sin embargo, las diferentes técnicas de corrección del desequilibrio sagital son difíciles y requieren contar con una buena experiencia en cirugía espinal. Pueden producirse complicaciones neurológicas definitivas o temporales durante la realización de estas distintas osteotomías vertebrales.

El objetivo del presente artículo fue demostrar que la osteotomía de Thomasen es un procedimiento efectivo para realizar la corrección y manejar el desequilibrio sagital, provocadas por la espondilitis anquilopoyética.

Presentación del caso

Se presenta un paciente con antecedentes de cifosis toracolumbar fija por EA. Se le realizó la osteotomía de sustracción pedicular en la columna lumbar media (L3) en febrero del 2020, en el Servicio de Ortopedia del Hospital Clínico Quirúrgico “Hermanos Ameijeiras”, La Habana, Cuba.

Durante la revisión de la historia clínica, anamnesis, exploración clínica y los exámenes complementarios de la paciente, se recogieron los siguientes datos:

- Sexo: Masculino.
- Edad: 37 años.
- Profesión: Estibador.
- APP/ Espondilitis anquilopoyética (7 años de evolución)
- Antecedente traumático: Niega.
- Estructura anatómica afectada: Columna toracolumbar.
- Signos y síntomas clínicos: Deformidad espinal severa, incapacitante y progresiva. Pérdida de la visión horizontal. Dolor radicular (Denis III) que corresponde con dermatoma y miotoma de L5 bilateral (5 años de evolución).
- Tratamiento conservador sin alivio de los síntomas.

Exámenes complementarios

Laboratorio clínico. Hemoglobina: 11.1 g/l, Hematocrito: 0,36 %, Leucograma: 4,5x10/L, Lin: 24,7 %, Mon: 7,3 %, Gra: 68 %, Plaquetas: 288 x10/L, Glicemia: 3,46 mmol/L, Creatinina: 74,1 mmol/L, Albúmina: 49 g/L, Proteínas totales: 70g/L, Colesterol: 4,2 mmol/L, Triglicéridos: 0,4 mmol/L, Grupo y factor: A (Positivo), Velocidad sedimentación globular: 45 mm/s, Proteína C Reactiva: 55 mg/L, Calcio Sérico: 2,86 mmol/L, Fósforo Iónico: 1,1mmol/L, Factor reumatoideo: Negativo.

Fecha de la intervención quirúrgica: 28 de febrero del 2020.

Tratamiento realizado: Corrección quirúrgica con la osteotomía por sustracción pedicular (Thomasen) a nivel de la tercera vértebra lumbar (L3), instrumentación espinal posterior transpedicular desde T4 a L5 con el sistema trauson (*Trauson Systems*) y fusión con injerto óseo autólogo tomado de la cresta ilíaca posterosuperior.

Complicaciones: No.

En este caso, el motivo inicial de la consulta lo constituye la deformidad espinal severa e incapacitante de carácter postural, asociada a la pérdida de la visión horizontal y el dolor (radicular).

Entre los antecedentes personales, se destacó el diagnóstico de espondilitis anquilopoyética desde hace aproximadamente siete años.

A la exploración física se evidenció la deformidad espinal fija en flexión, el campo visual limitado a una pequeña área de sus pies, la marcha en extremo difícil, la respiración es completamente diafragmática y presentó síntomas gastrointestinales como resultado de la compresión ejercida por el borde costal contra el contenido del abdomen superior (Fig. 1).



Fuente: caso quirúrgico con autorización del paciente.

Fig. 1 - Examen físico. **A.** Deformidad espinal en flexión. **B.** Compresión borde costal en el abdomen.

Las limitaciones motrices típicas de la enfermedad se determinaron con bastante precisión con métodos simples del examen físico (método de Schöber, método de Ott, medición de la distancia del mentón al esternón, medición de la distancia entre la parte posterior de la cabeza y la pared, medición de la reducción paulatina del volumen pulmonar). Los exámenes de laboratorio revelaron un hemograma y bioquímica normales (Proteína C reactiva y velocidad de sedimentación globular: elevadas, serologías para hepatitis B, C, HIV: negativos, ANA y factor reumatoide (Látex): negativos, presencia de antígeno leucocitario humano: HLA- B27. La prueba funcional respiratoria reportó una reducción del volumen pulmonar moderadamente severa y la presencia de enfermedad restrictiva.

En el examen radiológico convencional de la columna toracolumbar (vistas anteroposterior y lateral en bipedestación), se observaron signos directos de sacroileitis bilateral y sindesmofitos marginales, lo que provoca la imagen característica de la columna «en caña de bambú». El ángulo entre la línea que une frente y mentón y la vertical (AFMV) que pasa por el trocánter mayor permite evaluar el grado de deformidad espinal. Este ángulo ayuda a determinar la magnitud de la corrección necesaria mediante osteotomía de Thomasen. La

magnitud de la corrección que resulta de la superposición entre las plantillas con el calco de la columna, cuando se ha cortado al nivel de la osteotomía y trasladado una sobre la otra, hasta conseguir una línea de plomada centrada en C2 por delante del sacro (en general, inferior a 5 cm del borde anterior del sacro) y con la odontoides vertical (Fig. 2).

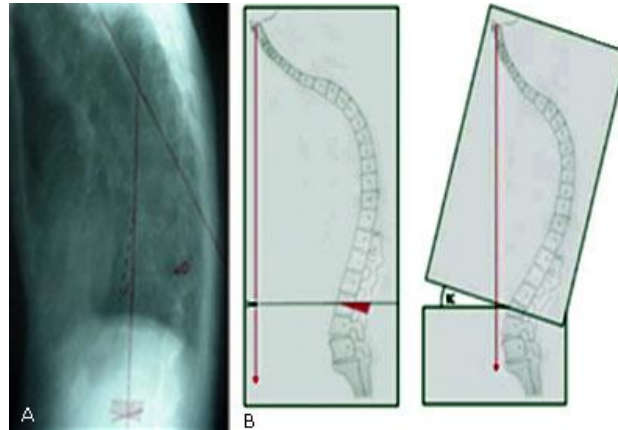


Fig. 2 - Planificación preoperatoria. **A.** Cifosis toracolumbar **B.** Calco preoperatorio para la osteotomía de Thomasen en L3.

La tomografía axial computarizada (TAC), detectó los cambios óseos precoces, pero no la inflamación activa. Adquiere valor cuando se sospecha fracturas vertebrales, frecuentes en la EA, pero se descartó en el paciente (Fig. 3).

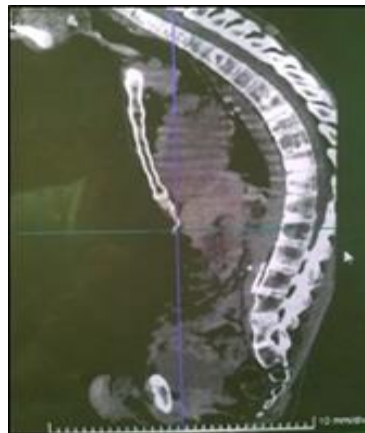


Fig. 3 - TAC columna vertebral. Desequilibrio sagital descompensado sin fractura vertebral asociada.

Con la resonancia magnética nuclear (RMN) puede detectarse la inflamación activa, por lo que se erige en la mejor técnica de imagen para detectar precozmente la EA. Fue solicitada

la RMN que evidenció la deformidad espinal con la presencia de osificación incompleta de los discos intervertebrales y descartó la presencia de otras lesiones asociadas (Fig. 4).



Fig. 4 - RMN columna vertebral. Cifosis toracolumbar con osificación incompleta de los discos intervertebrales.

Consideraciones anestésicas

La presencia de EA debe asociarse con la probabilidad de dificultad para ventilación e intubación de la vía aérea. Con el progreso del proceso de osificación se van desarrollando características anatómicas que dificultan la laringoscopia directa entre ellas: apertura oral limitada, extensión cervical limitada o nula, y en ocasiones fusión de las vértebras cervicales en posición de flexión. Incluso se ha reportado pacientes que desarrollaron una cifosis torácica tan severa que requirieron intubación en posición sentada.

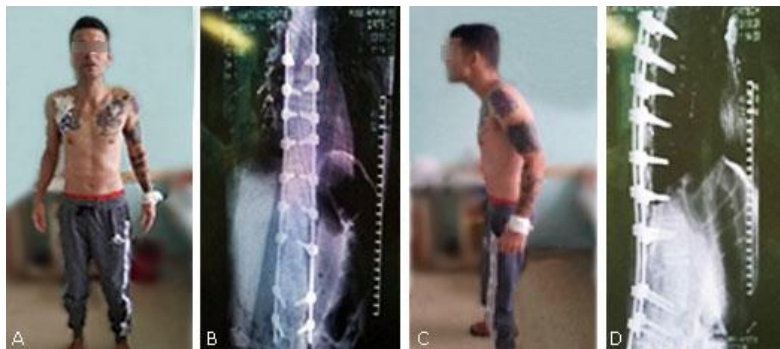
Estos hechos obligan al anestesiólogo a contar con otras opciones cuando se requiere controlar la vía aérea durante la anestesia general. Varios autores coinciden en catalogar como la opción más segura para estos pacientes, a la intubación bajo fibroscopia óptica. Tal es el caso presentado.

Técnica quirúrgica

La osteotomía de resección del pedículo suele llevar a cabo en L3, ya que esta vértebra constituye el vértice de la lordosis lumbar normal. También es más segura para realizar la osteotomía en este nivel, ya que es la parte caudal del cono medular. El principio de la osteotomía con cuña posterior consiste en realizar una osteotomía de cierre posterior por impactación intracorporal de una cuña ósea de vértice anterior. La charnela anterior de la

osteotomía debe estar lo más cercana posible al muro vertebral anterior sin romperlo. Su objetivo es obtener la extensión manteniendo la integridad del ligamento longitudinal anterior. La osteoclasia por fragmentación esponjosa se reserva a los adultos con osteoporosis con discos ya osificados, mientras que la resección corticoesponjosa es más fácil en personas jóvenes con un tejido óseo sólido, sobre todo cuando los discos están presentes y tienen una funcionalidad potencial, como se presenta en el paciente.

No es necesario mencionar que además de la mejoría funcional y la mejoría del aspecto físico que se logra con la corrección quirúrgica es de vital importancia para el grado de satisfacción del paciente (Fig. 5).



Fuente: Caso quirúrgico con autorización del paciente.

Fig. 5 - Resultados de la evaluación clínica e imagenológica postoperatoria. **A y B.** Vista frontal clínica e imagenológica. **C y D.** Vista lateral clínica e imagenológica.

Discusión

Las características epidemiológicas de este paciente coinciden con las de otras publicadas en cuanto a edad, sexo y color de la piel. El paciente es un adulto joven, enmarcado en la tercera década de la vida. Antiguamente se creía que la enfermedad se presentaba con el triple de frecuencia en los hombres que en las mujeres. Este error se debe a que la enfermedad se presenta con síntomas ligeros en las mujeres que en los hombres por lo menos en lo que se refiere a osificación o endurecimiento de la columna vertebral. Los primeros síntomas aparecen por lo general entre los 20 y los 25 años de edad, y sólo en el 5 % de los casos después de los 40 años.^(1,3)

La evaluación del contorno sagital óptimo para un paciente al que se le indica una osteotomía de Thomasen es de gran importancia su cálculo y ejecución, los cuales representan un desafío que condiciona el resultado de la cirugía.

Desde que se describió la importancia del balance sagital de la columna vertebral, son muchos los autores que han estudiado y reconocido su complejidad e importancia.⁽²⁹⁻³³⁾

La Sociedad de Investigación en Escoliosis (SRS) definió en 2002 el balance sagital normal. Este puede medirse tanto en forma clínica como radiológica. Sin embargo, la forma clínica es muy subjetiva y muy variable, así como la interpretación que pueda darse a la apreciación clínica. En la forma radiológica su principal virtud es la objetividad con que vamos a evaluar el balance de la columna vertebral, la cual va a darnos una mejor evaluación de la magnitud de una deformidad y pensando principalmente en objetivos terapéuticos. También brinda los grados de corrección que se requieren para restaurar ese balance.

La evaluación del equilibrio sagital debe ser completa. Debe incluir un parámetro que mida el equilibrio global del tronco, ya sea la línea de plomada C2 y su relación con la meseta sacra, la posición de la rotación de la pelvis por la inclinación pélvica y una descripción de la posición de los miembros inferiores son imprescindibles. Esos tres parámetros han sido tomados en cuenta por Le Huec en su método de evaluación llamado balance total integrado (BTI).^(33,34)

Antes de la incorporación de estos conceptos actualizados sobre el equilibrio sagital de la columna vertebral, los cuales se han incrementado en los últimos años, el parámetro radiográfico empleado en el paciente para determinar el tipo de desequilibrio sagital y la planificación preoperatoria, se realizó a través del ángulo frente ceja mentón y la vertical, el cual corresponde con el tipo III (desequilibrio global descompensado), según criterios de *Kao Wha Chang* y otros.⁽¹⁵⁾ Los valores preoperatorios determinados fueron el ángulo ceja mentón vertical de 45°, la cifosis lumbar de 17° y la cifosis torácica de 58°.

El paciente se enmarcó, de acuerdo a la clasificación de Simmons para las deformidades espinales fijas por EA en el tipo I (cifosis torácica con pérdida de la lordosis lumbar con una osificación incompleta). Luego de la osteotomía de Thomasen se decidió prolongar el sistema de instrumentación espinal pedicular (*Trauson Systems*) en sentido proximal (T4 a L2) para evitar la cifosis adyacente y distalmente hasta L5. Se procedió a realizar la fusión con injerto óseo autólogo, tomado de la cresta ilíaca posterosuperior.

El tiempo quirúrgico aproximado fue de 3 h 15 min, con una pérdida de volumen de sangre de 382 mL y valores de hematocrito preoperatorio: 0,36%, hematocrito postoperatorio a las 24 horas: 0,31% y hematocrito posoperatorio a los 7 días: 0,33%. El paciente no requirió transfusión sanguínea. La lógica indica que el mayor tiempo quirúrgico se relaciona con mayor sangramiento.

Muchos son los estudios que reportan esta relación estableciendo, incluso, que 1 min de incremento en el tiempo quirúrgico resulta en 3,2 mL de incremento en la pérdida de sangre.^(35,36) Este estudio igualmente reportó que 30 min de tiempo quirúrgico incrementan en 1,8 veces el riesgo de requerir transfusión, con relación de 124 min vs. 109 min en el tiempo quirúrgico entre pacientes que requirieron transfusión de sangre y los que no la requirieron.^(35,36) Otros trabajos muestran resultados semejantes, estableciendo que valorar el tiempo operatorio no solo se relaciona con mayor productividad, sino también disminuye la pérdida de sangre y el riesgo de requerir transfusión.^(35,37,38)

Las osteotomías vertebrales están asociadas con una sustancial pérdida de sangre, lo que puede resultar en complicaciones, aumento de la estadía hospitalaria y de los costos.^(35,39) Las pérdidas severas de sangre requieren de transfusiones sanguíneas. Aunque los beneficios de transfundir sangre superan los riesgos (reacciones alérgicas, daño hepático, transmisión de infecciones, trastornos de la coagulación, daño renal, etc.), las estrategias para minimizar su uso debido a lo limitado de los productos sanguíneos, es esencial. Lo más obvio y probablemente adecuado es mejorar las técnicas anestésicas y quirúrgicas.^(35,40)

La técnica anestésica del paciente con desequilibrio sagital por EA tiene un peso muy importante en la evolución transoperatoria y postoperatoria inmediata. En la consecución de los objetivos propuestos se exige una estrecha relación entre cirujanos y anestesiólogos en variados aspectos que van desde la posición en la mesa operatoria, el tipo de anestesia, la profundidad de la hipotensión controlada, la técnica de despertar y el monitoreo de los potenciales evocados para minimizar el número de complicaciones.

Con el tratamiento quirúrgico se obtuvo una corrección del desequilibrio sagital. Es decir que la estética mejoró ostensiblemente y con ello el problema psicológico observado en la mayoría de estos pacientes, emanados de ser “jorobados”. La descompensación del tronco íntimamente relacionado con el aspecto estético, se valoró clínicamente al ingreso y posterior al tratamiento quirúrgico.⁽¹⁵⁾ Los valores postoperatorios determinados fueron los siguientes:

ángulo ceja mentón vertical de 8°, lordosis lumbar de 35°. Se observó una ganancia del 80 % con lo cual se minimizó uno de los factores que hace que la deformidad del raquis tenga mayor progresión, sobrecarga funcional y repercusión estética.

La evaluación de la eficacia de la osteotomía de Thomasen se realizó mediante el índice de discapacidad de Oswestry, considerado el “patrón de oro” como instrumento de evaluación de los resultados en afecciones vertebrales. El paciente en la evaluación preoperatoria del índice de discapacidad, se determinó un porcentaje del 60 % de acuerdo a la ecuación:

$$\text{(Porcentaje de discapacidad)=(50-(5\times\text{número del ítem no contestados})/\text{suma de las puntuaciones del ítem contestados})\times 100}$$

Inicialmente era clasificando como una limitación funcional intensa, y en el posoperatorio se determinó un porcentaje del 10 %, lo cual corresponde a una limitación funcional mínima. Completamente satisfecho, de acuerdo al cuestionario SRS-22⁽¹⁶⁾, refiere estar complacido totalmente con la cirugía, en relación a su aspecto físico, libre de dolencias y sin limitaciones físicas.

La osteotomía de Thomasen, es un procedimiento extenso y complejo, cuando el nivel de complejidad aumenta, también lo hace el riesgo de complicaciones. Como en cualquier cirugía de la columna vertebral, los problemas neurológicos importantes pueden ocurrir, especialmente cuando hay una manipulación del espacio foraminal, la retracción del saco tecal y las raíces nerviosas, y acortamiento de los segmentos de la columna vertebral, por lo tanto, es importante realizar un control adecuado de la médula espinal.^(11,17,18,19,20)

No se reportan complicaciones en este caso, varios autores consideran que “las complicaciones médicas son una de las mayores reflexiones en el tratamiento de la deformidad espinal en el adulto. Las complicaciones médicas son definidas como procesos patológicos que afectan al paciente que ocurren durante o alrededor de la intervención quirúrgica de la deformidad espinal que no están directamente relacionadas a la técnica quirúrgica.”⁽¹⁹⁻²⁴⁾

A pesar de las modernas y muy avanzadas técnicas de instrumentación en la corrección del desequilibrio sagital por EA, el porcentaje de complicaciones en el adulto es aún alto (algunos estudios muestran una tasa de mortalidad de 3,4 %).⁽²⁵⁻³⁰⁾ Indudablemente es un proceder de

muy alto riesgo, incluso para los cirujanos experimentados en la ejecución de la técnica. Finalmente, se asume que la utilización de la osteotomía de Thomasen resulta una técnica eficaz y segura en la corrección del desequilibrio sagital por espondilitis anquilopoyética.

Referencias bibliográficas

1. Velasco Bustamante JA, Velasco Bustamante DL, Baquero Vallejo GA, Gómez Valverde JL, Villacres Pinza MA, Jinez Coca KA. Abordaje práctico de la espondiloartritis. Rev Cub Reumatol. 2019[acceso: 11/03/2021];21(3). Disponible en: <http://scielo.sld.cu/pdf/rcur/v21n3/1817-5996-rcur-21-03-e101.pdf>
2. Bridwell KH, Lewis SJ, Edwards C, Lenke LG, Iffrig TM, Berra A, *et al.* Complications and outcomes of pedicle subtraction osteotomies for fixed sagittal imbalance. Spine 2003;28:2093-101. PMID: 14501920.
3. Booth KC, Bridwell KH, Lenke LG, Baldus CR, Blanke KM. Complications and predictive factors for the successful treatment of flatback deformity (fixed sagittal imbalance). Spine. 1999;24(16):1712-20. PMID: 10472106.
4. Buchowski JM, Bridwell KH, Lenke LG, Kuhns CA, Lehman Jr RA, Kim YJ, *et al.* Neurologic complications of lumbar pedicle subtraction osteotomy: a 10-year assessment. Spine. 2007;32(20):2245-52. PMID: 17873818
5. Bari TJ, Hallager DW, Hansen LV, Dahl B, Gehrchen M. Reducing revision rates following pedicle subtraction osteotomy surgery: a single-center experience of trends over 7 years in patients with adult spinal deformity. Spine Deform. 2021;9(3):803-15. PMID 33400231
6. Thomasen E. Vertebral osteotomy for correction of kyphosis in ankylosing spondylitis. Clin Orthop. 1985;194:142-52. PMID: 3978906.
7. Van Royen BJ, De Gast A. Lumbar osteotomy for correction of thoracolumbar kyphotic deformity in ankylosing spondylitis. A structured review of three methods of treatment. Ann Rheum Dis. 1999;58:399-406. PMID: 10381482
8. Bridwell KH, Lewis SJ, Rinella A, Lenke LG, Baldus C, Blanke K. Pedicle subtraction osteotomy for the treatment of fixed sagittal imbalance. Surgical technique. J Bone Joint Surg [Am]. 2004;86(suppl1):44-50. PMID: 14996921

9. Wang Y, Li C, Liu L, Qi L. One-level mini-open pedicle subtraction osteotomy for treating spinal kyphosis in patients with ankylosing spondylitis. *BMC Musculoskeletal Disorders*. 2021;22:101. DOI: <https://doi.org/10.1186/s12891-021-03974-7>
10. Simmons ED. Kyphotic deformity of the spine in ankylosing spondylitis. *Clinic Orthop Relat Research*. 1977;(128):65-77. PMID: 598177.
11. Thiranont N, Netrawichien P. Transpedicular decancellation closed wedge vertebral osteotomy for treatment of fixed flexion deformity of spine in ankylosing spondylitis. *Spine*. 1993;18(16):2517-22. PMID: 8303457.
12. Sociedad iberoamericana de columna. Cuestionarios SRS-22 para el paciente en español. SIC. 2020 [acceso: 21/03/2021]. Disponible en: <http://www.silaco.org/images/SRS22-CUESTIONARIO-PARA-EL-PACIENTE.pdf>
13. Kose KC, Bozduman O, Yenigul AE, Igrek S. Spinal Osteotomies: Indications, limits and Pitfalls. *EFORT Open Rev*. 2017;2(3):73-82. PMID: 28507779
14. Wang MY, Bordon G. Mini-Open pedicle subtraction Osteotomy as a treatment for severe adult spinal deformities: case series with initial clinical and radiographic outcomes. *J Neurosurg Spine*. 2016;24(5):769-76. PMID: 26745348.
15. Sepriano A, Landewé R, van der Heijde D. Predictive validity of the ASAS classification criteria for axial and peripheral spondyloarthritis after follow-up in the ASAS cohort: A final analysis. *Ann Rheum Dis*. 2016;75(6):1034-42. DOI: <https://doi.org/10.1136/annrheumdis-2015-208730>
16. Sepriano A, Rubio R, Ramiro S. Performance of the ASAS classification criteria for axial and peripheral spondyloarthritis: A systematic literature review and meta-analysis. *Ann Rheum Dis*. 2017;76(5):886-90. DOI: <https://doi.org/10.1136/annrheumdis-2016-210747>
17. Gupta MC, Gupta S, Kelly MP, Bridwell KH. Pedicle subtraction osteotomy. *JBJS Essent Surg Tech*. 2020;10(1):e0028.1-11. PMID: 32368407.
18. Charles YP, Ntilikina Y, Collinet A, Steib JP. Combined percutaneous and open instrumentation for thoracolumbar kyphosis correction by two-level pedicle subtraction osteotomy in ankylosing spondylitis. *Eur J Orthop Surg Traumatol*. 2020;30(5):939-47. PMID: 31980911
19. Tarawneh AM, Venkatesan M, Pasku D, Singh J, Quraishi NA. Impact of pedicle subtraction osteotomy on health-related quality of life (HRQOL) measures in patients

- undergoing surgery for adult spinal deformity: a systematic review and meta-analysis. *Eur Spine J.* 2020;29(12):2953-9. PMID: 32382878
20. Pizones J, Moreno Manzanaro L, Perez Grueso FJS, Vila Casademunt A, Yilgor C, Boissiere L, Alanay A, Kleinstück F, Acaroglu ER, Pellisé F, Obeid I; ESSG European Spine Study Group. Effect of lumbar pedicle subtraction osteotomy level on lordosis distribution and shape. *Eur Spine J.* 2020;29(6):1388-1396. PMID: 32328789.
21. Alzakri A, Boissière L, Cawley DT, Bourghli A, Pointillart V, Gille O, *et al.* L5 pedicle subtraction osteotomy: indication, surgical technique and specificities. *Eur Spine J.* 2018;27(3):644-51. PMID: 29188373.
22. Bronson WH, Dai A, Protopsaltis T. S1 Pedicle Subtraction Osteotomy for Fixed Sagittal Imbalance and Lumbosacral Kyphosis. *Clin Spine Surg.* 2019;32(6):233-6. PMID: 30520768.
23. Ha KY, Kim YH, Park HY, Cho CH, Kim SI. Surgical strategy for revisional lumbar pedicle subtraction osteotomy to correct fixed sagittal imbalance: The effect of the osteotomy level and iliac screw fixation. *J Orthop Sci.* 2020; S0949-2658(20)30247-5. PMID: 32896453.
24. Zhao SZ, Qian BP, Qiu Y, Qiao M, Liu ZJ, Huang JC. The relationship between global spinal alignment and pelvic orientation from standing to sitting following pedicle subtraction osteotomy in ankylosing spondylitis patients with thoracolumbar kyphosis. *Arch Orthop Trauma Surg.* 2019;139(6):761-8. PMID: 30610417.
25. Mao SH, Feng ZX, Qian BP, Qiu Y. Radiological morphology variances of osteotomized vertebra-disc complex following pedicle subtraction osteotomy for ankylosing spondylitis with thoracolumbar kyphosis: the incidence, mechanisms, and prognosis. *Spine J.* 2018;18(8):1363-73. PMID: 29253632.
26. Qian BP, Mao SH, Jiang J, Wang B, Qiu Y. Mechanisms, Predisposing Factors, and Prognosis of Intraoperative Vertebral Subluxation During Pedicle Subtraction Osteotomy in Surgical Correction of Thoracolumbar Kyphosis Secondary to Ankylosing Spondylitis. *Spine (Phila Pa 1976).* 2017;42(16):E983-E990. PMID: 28796721.
27. Mao SH, Feng ZX, Qian BP, Qiu Y. The clinical relevance of the presence of bridging syndesmophytes on kyphosis correction and maintenance following pedicle subtraction

osteotomy for thoracolumbar kyphotic deformity in ankylosing spondylitis: a comparative cohort study. *BMC Musculoskelet Disord*. 2018;19(1):97. PMID: 29609565.

28. Huang JC, Qian BP, Qiu Y, Wang B, Yu Y, Qiao M. What is the optimal postoperative sagittal alignment in ankylosing spondylitis patients with thoracolumbar kyphosis following one-level pedicle subtraction osteotomy? *Spine J*. 2020;20(5):765-75. PMID: 31734451.

29. Barrey C, Jund J, Nosedá O, Roussouly P. Sagittal balance of the pelvis-spine complex and lumbar degenerative diseases. A comparative study about 85 cases. *Eur Spine J*. 2007;16:1459-67. PMID: 17211522

30. Obeid I, Boissiere L, Yilgor C, Larrieu D, Pellise F, Alanay A, *et al*. Global tilt: A single parameter incorporating spinal and pelvic sagittal parameters and least affected by patient positioning. *Eur Spine J*. 2016;25:3644-9. PMID: 27323962.

31. Ahmad M, Muralidharan V, Dritan P, Jagdeep S, Nasir A. Impact of pedicle subtraction osteotomy on health-related quality of life (HRQOL) measures in patients undergoing surgery for adult spinal deformity: a systematic review and meta-analysis. *European Spine Journal*. 2020. DOI: <https://doi.org/10.1007/s00586-020-06439-y>

32. Burkhard D, Suter B, Sigris T. Pedicle subtraction osteotomy with patient-specific instruments. *North American Spine Society J*. 2021:100075. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.xnsj.2021.100075/>

33. Tabares Neyra HI, Fleites Marrero EE, Tabares Sáez H, Morales Seife R. Influencia del balance sagital sobre los cambios degenerativos de la columna vertebral (I). *Rev Cubana Ortop Traumatol*. 2020 [acceso: 21/03/2021];34(2). Disponible en: http://scielo.sld.cu/scielo.php?script=sci_abstract&pid=S0864-215X2020000200006&lng=es&nrm=iso&tlng=es

34. Le Huec JC, Leijssen P, Duarte M, Aunoble S. Thoracolumbar imbalance analysis for osteotomy planification using a new method: FBI technique. *Eur Spine J*. 2011;19(Suppl 3):S233-364. PMID: 21818597

35. Tabares Neyra H, Díaz Quesada JM, Tabares Sáez H, Tabares Sáez L. Actualización sobre prevención y tratamiento de la pérdida de sangre quirúrgica. *Rev Cubana Ortop Traumatol*. 2017 [acceso: 21/03/2021];31(1):92109. Disponible en: http://scielo.sld.cu/scielo.php?script=sci_abstract&pid=S0864-215X2017000100009&lng=es&nrm=iso&tlng=es

36. Pola E, Papaleo P, Santoliquido A, Gasparini G, Aulis L, De Santis E, *et al.* Clinical factors associated with an increased risk of perioperative blood transfusion in nonanemic patients undergoing total hip arthroplasty. *J Bone Joint Surg Am.* 2004;86-A(1):57-61. PMID: 14711946.
37. Woodward LJ, Kam PCA. Ankylosing spondylitis: recent developments and anesthetic implications. *Anaesthesia.* 2009;64:540-48. PMID: 19413825.
38. Kim SK, Chung JY, Park YJ, Choi SW, Seo HY. Modified Pedicle Subtraction Osteotomy for Osteoporotic Vertebral Compression Fractures. *Orthop Surg.* 2020;12(2):388-95. PMID: 32107881.
39. Rosencher N, Kerckamp HE, Macheras G, Munuera LM, Menichella G, Barton DM, *et al.* Orthopedic Surgery Transfusion Hemoglobin European Overview (OSTHEO) study: blood management in elective knee and hip arthroplasty in Europe. *Transfusion.* 2003;43(4):459-69. PMID: 12662278.
40. Zang X, Wang Y. History of spinal osteotomy of ankylosing spondylitis kyphosis. In Wang Y. (Ed.) *Surgical treatment of ankylosing spondylitis deformity.* Springer. 2019. DOI: <https://doi.org/10.1007/979-981-13-6427-3.2>

Conflicto de intereses

Los autores declaran que no existe conflicto de intereses en relación con la investigación presentada.