

CIRUGÍA DE COLUMNA

ÓRGANO OFICIAL DE DIFUSIÓN CIENTÍFICA DE LA ASOCIACIÓN MEXICANA DE CIRUJANOS DE COLUMNA A.C.

EDITORIAL

La revolución de la inteligencia artificial generativa en el área de la salud y la cirugía de columna
José María Jiménez Ávila

ARTÍCULOS ORIGINALES

Biomecánica del segmento adyacente proximal posterior a la fusión lumbar en el disco previamente degenerado: un estudio de elementos finitos
Jesús Ernesto Valdez-Aguilar, Carlos Josué Victoria-Buitimea, David Lomeli-Zamora, Alan Rojas-Ayala, David Sotelo-Valencia, Edgardo Uriel León-Salguero

Detección clínica temprana de la escoliosis idiopática del adolescente: un estudio observacional. Informe preliminar
Alejandro A Reyes-Sánchez, Marcos Joaquín Robles Ortiz, Carla García-Ramos, Armando Alpizar-Aguirre, Barón Zárate Kalfópulos, Fernando Reyes-Tarragó

Impacto de la atrofia muscular paravertebral en los resultados quirúrgicos de la estenosis lumbar degenerativa
Juan C Verde Becerra, Amado González Moga, Iris J Sotelo Mayoral, Miguel A Fuentes Rivera, Marcos F Contreras Zúñiga, Hugo A Santos Benítez, Isaac E Santos Uc

Moldeamiento de barras usando la clasificación de Roussouly en enfermedad degenerativa lumbar del adulto de segmento largo: reporte de caso y revisión de la literatura
Sergio Díaz Bello, Jesús Alberto Pérez Contreras, Diana Chávez Lizárraga, Pedro Arnulfo Chavira Ramos, Ricardo Axel Gómez López, Ana Sofía Peña Blesa, Emmanuel Cantú Chávez

Variabilidad de los parámetros espinopélvicos en pacientes con patología crónica-degenerativa lumbar con manejo quirúrgico en un hospital de ortopedia de referencia
José Asael Tlapacoyoa-Leonides, Jorge Quiroz-Williams, José Luis García-Navarro, Suemmy Gaytán-Fernández, Rodolfo Gregorio Barragán-Hervella, Gabriel Jiménez-Armenta

ARTÍCULO DE REVISIÓN

Enfermedad de Scheuermann: una revisión desde la definición hasta el tratamiento
Carlos Guillermo Infante Luna, Amariliz Torres Peral

CASOS CLÍNICOS

Calcificación del ligamento flavum ocasionando estenosis y radiculopatía lumbar: reporte de caso y revisión de la literatura
José Antonio Chávez López, Jorge Luis Hernández Bello, Reyna Daena Chávez Cisneros

Sarcoma de Ewing extraóseo intradural extramedular: reporte de caso
Carlos Damián Tamayo-Gómez, Alejandro Rodríguez-Messina, Ricardo Erik Robles-Ortiz, Olivia María Sosa-Rascón, Fabián Ramírez-Hernández, Manuel Esaú Tamayo-Gómez

Tuberculosis vertebral: revisión de la literatura y reporte de caso
José Rafael Calderón Varela, Andrés Villalvazo Barón, Luis Mario Hinojosa Martínez, Jesús Murillo Rodríguez

ARTÍCULO ESPECIAL

La inteligencia artificial en la investigación en el ámbito de la salud: desafíos y oportunidades
José María Jiménez Ávila, Jorge Negrete Ibarra, Seung Hyun Jeong

Vol. 3, Núm. 2, Abril-Junio 2025

www.medigraphic.com/cirugiadecolumna





Asociación Mexicana de
Cirujanos de Columna A.C.

CIRUGÍA DE COLUMNA

ÓRGANO OFICIAL DE DIFUSIÓN CIENTÍFICA DE LA ASOCIACIÓN
MEXICANA DE CIRUJANOS DE COLUMNA A.C.

MESA DIRECTIVA AMCICO BIENIO 2024-2025

José Antonio Canales Nájera
Presidente

José Carlos Sauri Barraza
Vicepresidente

Félix Domínguez Cortinas
Secretario

Alfredo Javier Moheno Gallardo
Tesorero

DIRECTORIO EDITORIAL

Editor Ejecutivo

José Antonio Canales Nájera
Metepec, Edomex

Editor en Jefe

José María Jiménez Ávila
Guadalajara, Jalisco

Comité Editorial

Cythia Karen García Badillo
Iris Jacqueline Sotelo Mayora
Félix A. Sánchez Chávez
Óscar Armando Martínez Gutiérrez
Eduardo Callejas Ponce
Gabriel Herrera Zarco

Comité Editores Asociados

Manuel Duffo Olvera
Cristóbal Herrera Palacios
Hugo Vilchis Sámano
Omar Marroquín Herrera

Consejo Editorial

Michel Dithmar Johnson
Gabriel Virgilio Ortiz García
José Ricardo Naumann Flores
Fortunato Reyes Herrera
Sergio Anaya Vallejo
Catarino López Cavazos
Ramiro Ramírez Gutiérrez
Carlos Miguel Zamorano Bórquez
Gonzalo Santiago Tipac
Ozcar Felipe García López
José Antonio Soriano Sánchez
Barón Zárate Kalfópulos
Eulalio Elizalde Martínez

Comité Editorial Internacional

Ernesto Bersusky
Editor de la Revista Argentina
de Ortopedia y Traumatología
Buenos Aires, Argentina

Helton Luiz Aparecido Defino
Editor de la Revista Coluna/Columna
Sau Paulo, Brasil

Jong-Beom Park
Editor de la Revista Asian Spine Journal
Seul, Corea del Sur

Oswaldo García Martínez
Editor de la Revista Cubana
de Ortopedia y Traumatología
La Habana, Cuba

Pedro Luis Bazán
Officer Regional AOSpine
La Plata, Argentina

Ratko Yurac Barrientos
Officer Regional AOSpine
Santiago de Chile, Chile

Luis Álvarez Galovich
Presidente GEER
Madrid, España

Javier Ernesto Matta Ibarra
Hospital Militar Central Ortopedia
Bogotá, Colombia

Comité de Edición

Seung Hyun Jeong
Coordinación de Edición
Guadalajara, Jalisco

Jorge Negrete Ibarra
Coordinación de Edición
Guadalajara, Jalisco

Liliana Paola Farfán Lara
Coordinación de Edición
Guadalajara, Jalisco

Patricia Anaid Romero García
Coordinación de Edición
Guadalajara, Jalisco

Cirugía de Columna Vol. 3, Núm. 2 Abril-Junio 2025. Es una publicación trimestral editada y distribuida por la Asociación Mexicana de Cirujanos de Columna, A.C. Tuxpan 10 201. Col. Roma Sur. Alcaldía Cuauhtémoc. C.P. 06760. Ciudad de México. México. Tel. 55 55743775. www.medigraphic.com/cirugiadecolumna oficina.amcico@gmail.com Editor responsable. Dr. José María Jiménez Ávila. Reserva de Derechos al Uso Exclusivo 04-2023-042810581600-102. ISSN: 2992-7749. Ambos otorgados por el Instituto Nacional del Derecho de Autor. Responsable de la última actualización de este número, Departamento de Internet, **Graphimedic, S.A. de C.V.**, Ing. Luis Rosales Jiménez. Coquimbo 936. Col. Lindavista, Alcaldía Gustavo A. Madero. C.P. 07300. Ciudad de México, México. Fecha de última modificación 31 de marzo de 2025.



www.medigraphic.com/cirugiadecolumna

**Editorial**

- 76 La revolución de la inteligencia artificial generativa en el área de la salud y la cirugía de columna
José María Jiménez Ávila

Artículos originales

- 78 Biomecánica del segmento adyacente proximal posterior a la fusión lumbar en el disco previamente degenerado: un estudio de elementos finitos
Jesús Ernesto Valdez-Aguilar, Carlos Josué Victoria-Buitimea, David Lomelí-Zamora, Alan Rojas-Ayala, David Sotelo-Valencia, Edgardo Uriel León-Salguero
- 84 Detección clínica temprana de la escoliosis idiopática del adolescente: un estudio observacional. Informe preliminar
Alejandro A Reyes-Sánchez, Marcos Joaquín Robles Ortiz, Carla García-Ramos, Armando Alpizar-Aguirre, Barón Zárate Kalfópulos, Fernando Reyes-Tarragó
- 89 Impacto de la atrofia muscular paravertebral en los resultados quirúrgicos de la estenosis lumbar degenerativa
Juan C Verde Becerra, Amado González Moga, Iris J Sotelo Mayoral, Miguel A Fuentes Rivera, Marcos F Contreras Zúñiga, Hugo A Santos Benítez, Isaac E Santos Uc
- 97 Moldeamiento de barras usando la clasificación de Roussouly en enfermedad degenerativa lumbar del adulto de segmento largo: reporte de caso y revisión de la literatura
Sergio Díaz Bello, Jesús Alberto Pérez Contreras, Diana Chávez Lizárraga, Pedro Arnulfo Chavira Ramos, Ricardo Axel Gómez López, Ana Sofía Peña Blesa, Emmanuel Cantú Chávez
- 107 Variabilidad de los parámetros espinopélvicos en pacientes con patología crónica-degenerativa lumbar con manejo quirúrgico en un hospital de ortopedia de referencia
José Asael Tlapacoyoa-Leonides, Jorge Quiroz-Williams, José Luis García-Navarro, Suemmy Gaytán-Fernández, Rodolfo Gregorio Barragán-Hervella, Gabriel Jiménez-Armenta

Artículo de revisión

- 113 Enfermedad de Scheuermann: una revisión desde la definición hasta el tratamiento
Carlos Guillermo Infante Luna, Amariliz Torres Peral

Casos clínicos

- 121 Calcificación del ligamento flavum ocasionando estenosis y radiculopatía lumbar: reporte de caso y revisión de la literatura
José Antonio Chávez López, Jorge Luis Hernández Bello, Reyna Daena Chávez Cisneros
- 126 Sarcoma de Ewing extraóseo intradural extramedular: reporte de caso
Carlos Damián Tamayo-Gómez, Alejandro Rodríguez-Messina, Ricardo Erik Robles-Ortiz, Olivia María Sosa-Rascón, Fabián Ramírez-Hernández, Manuel Esaú Tamayo-Gómez
- 133 Tuberculosis vertebral: revisión de la literatura y reporte de caso
José Rafael Calderón Varela, Andrés Villalvazo Barón, Luis Mario Hinojosa Martínez, Jesús Murillo Rodríguez

Artículo especial

- 139 La inteligencia artificial en la investigación en el ámbito de la salud: desafíos y oportunidades
José María Jiménez Ávila, Jorge Negrete Ibarra, Seung Hyun Jeong

**Editorial**

- 76 *The generative artificial intelligence revolution in the area of health and spine surgery*
José María Jiménez Ávila

Original articles

- 78 *Biomechanics of proximal adjacent segment posterior to a lumbar interbody fusion in the previously degenerated disc: a finite element study*
Jesús Ernesto Valdez-Aguilar, Carlos Josué Victoria-Buitimea, David Lomelí-Zamora, Alan Rojas-Ayala, David Sotelo-Valencia, Edgardo Uriel León-Salguero
- 84 *Early clinical detection of adolescent idiopathic scoliosis: an observational study. Preliminary report*
Alejandro A Reyes-Sánchez, Marcos Joaquín Robles Ortiz, Carla García-Ramos, Armando Alpizar-Aguirre, Barón Zárate Kalfópulos, Fernando Reyes-Tarragó
- 89 *Impact of paravertebral muscle atrophy on surgical results of degenerative lumbar stenosis*
Juan C Verde Becerra, Amado González Moga, Iris J Sotelo Mayoral, Miguel A Fuentes Rivera, Marcos F Contreras Zúñiga, Hugo A Santos Benítez, Isaac E Santos Uc
- 97 *Contoured rods using Roussouly classification in adult long-segment lumbar degenerative disease: a case report and literature review*
Sergio Díaz Bello, Jesús Alberto Pérez Contreras, Diana Chávez Lizárraga, Pedro Arnulfo Chavira Ramos, Ricardo Axel Gómez López, Ana Sofía Peña Blesa, Emmanuel Cantú Chávez
- 107 *Variability of spinopelvic parameters in patients with chronic-degenerative lumbar pathology with surgical management in a reference orthopedic hospital*
José Asael Tlapacoyoa-Leonides, Jorge Quiroz-Williams, José Luis García-Navarro, Suemmy Gaytán-Fernández, Rodolfo Gregorio Barragán-Hervella, Gabriel Jiménez-Armenta

Review

- 113 *Scheuermann's disease: a review from definition to treatment*
Carlos Guillermo Infante Luna, Amariliz Torres Peral

Clinical cases

- 121 *Calcification of the ligament flavum causing stenosis and lumbar radiculopathy: case report and literature review*
José Antonio Chávez López, Jorge Luis Hernández Bello, Reyna Daena Chávez Cisneros
- 126 *Extraosseous intradural extramedullar Ewing sarcoma: case report*
Carlos Damián Tamayo-Gómez, Alejandro Rodríguez-Messina, Ricardo Erik Robles-Ortiz, Olivia María Sosa-Rascón, Fabián Ramírez-Hernández, Manuel Esaú Tamayo-Gómez
- 133 *Vertebral tuberculosis: literature review and case report*
José Rafael Calderón Varela, Andrés Villalvazo Barón, Luis Mario Hinojosa Martínez, Jesús Murillo Rodríguez

Special article

- 139 *Artificial intelligence in health research: challenges and opportunities*
José María Jiménez Ávila, Jorge Negrete Ibarra, Seung Hyun Jeong



La revolución de la inteligencia artificial generativa en el área de la salud y la cirugía de columna

The generative artificial intelligence revolution in the area of health and spine surgery

José María Jiménez Ávila*

La “inteligencia artificial (IA) generativa” está permeando en el área de la salud, esto más allá de la simple creación de contenido, audio, video, texto, etcétera; se está integrando en todos los procesos tanto administrativos como en la toma de decisiones y en el desarrollo de los procedimientos quirúrgicos, todo es probable que se integre como una especie de sistema nervioso que reacciona en tiempo real y muchas veces llegará a tomar decisiones.

La IA generativa no sólo sirve para realizar planeaciones preoperatorias, sino que también genera información en la cual la IA aprende de lo que se le pregunta y de los procesos de análisis que ella misma hace al interior.

Como una novedad que pronto tendremos en el ámbito asistencial, está el “internet de los sentidos” (IoS), el cual integrará la experiencia sensorial en la comunicación digital, partiendo de sentir a larga distancia, por ejemplo, un cirujano en Alemania podrá realizar una cirugía en México, utilizando guantes que le permitan sentir la textura y la resistencia de los tejidos, así como la colocación de materiales de fijación, como si estuviera físicamente en el procedimiento quirúrgico, manteniendo un nivel de precisión importante.

La “red 6G” que está en desarrollo podrá aumentar la velocidad de ésta 100 veces, teniendo la oportunidad de contar con hologramas instantáneos para videoconferencias donde todos los participantes aparecen como proyecciones 3D realista con latencia cero que mantendrá un contacto visual mayor.

En la educación, una innovación será el llamado “gemelo digital gigante”, el cual será una copia digital exacta de un sistema o procedimiento, permitiendo la simulación y la optimización en tiempo real, pudiendo estructurar situaciones y valorar riesgos antes de que ocurran realmente.

Las “tecnologías de salud digital” vendrán a integrarse con la inteligencia artificial, con dispositivos interconectados, para mejorar el diagnóstico y tratamiento médico, por ejemplo los dispositivos como los relojes inteligentes que podrán monitorear los signos vitales y generar alertas 48 horas antes de que ocurra

* Instituto Tecnológico y de Estudios Superiores de Monterrey, Campus Guadalajara. Guadalajara, Jalisco, México. Centro Médico Nacional de Occidente, Unidad Médica de Alta Especialidad, Servicio de Traumatología y Ortopedia, Clínica de Columna. ORCID: 0000-0002-5532-5318

Correspondencia:
José María Jiménez Ávila
E-mail: josemajimenez@tec.mx

Citar como: Jiménez ÁJM. La revolución de la inteligencia artificial generativa en el área de la salud y la cirugía de columna. *Cir Columna*. 2025; 3 (2): 76-77.
<https://dx.doi.org/10.35366/119615>



algún evento patológico, además de avisarte a ti, a tus familiares o incluso a los servicios médicos; en el área de la planeación preoperatoria, se podrá corregir un balance global de una columna, precisando el tipo de implante con una medida específica, para lograr un resultado de excelencia.

Algo que se va integrando cada vez más a la cirugía de columna es la cirugía por medio de la “automatización híbrida”, que será la combinación de robots físicos, *software* de inteligencia artificial y humanos; los robots autónomos en la cirugía harán equipo con el cirujano para adaptar la colocación precisa de implantes, mientras que la IA optimizará los procesos.

La inteligencia artificial (IA) generativa está transformando a la cirugía de columna ofreciendo soluciones innovadoras que mejoran procedimientos tales como la planificación preoperatoria, la precisión quirúrgica y los resultados postoperatorios.

Estos algoritmos avanzados permiten la creación de modelos tridimensionales personalizados a partir de imágenes médicas, facilitando a los cirujanos un análisis más profundo de la anatomía y de las circunstancias del paciente.

A medida que la IA se vuelve más prominente, surgen desafíos éticos y prácticos, por lo que es crucial analizar protocolos claros de validación y entrenamiento para poder garantizar la seguridad y eficacia de estas tecnologías en entornos clínicos.

En conclusión, la inteligencia artificial generativa tendrá el potencial de revolucionar la cirugía de columna, mejorando los procesos quirúrgicos, así como los resultados para los pacientes y a medida que continuamos explorando y desarrollando estas herramientas, es de suma importancia que la comunidad médica colabore, aprenda y analice críticamente los procesos para abordar dichos desafíos y poder maximizar los beneficios de esta tecnología.



Abril-Junio 2025
Vol. 3, núm. 2 / pp. 78-83

Recibido: 23 de Octubre de 2024
Aceptado: 20 de Enero de 2025

doi: 10.35366/119616



Biomecánica del segmento adyacente proximal posterior a la fusión lumbar en el disco previamente degenerado: un estudio de elementos finitos

Biomechanics of proximal adjacent segment posterior to a lumbar interbody fusion in the previously degenerated disc: a finite element study

Jesús Ernesto Valdez-Aguilar,^{*,†,**,§,¶,||} Carlos Josué Victoria-Buitimea,^{*,§,¶,||}
David Lomelí-Zamora,^{*,§,§§} Alan Rojas-Ayala,^{*,§,¶,||} David Sotelo-Valencia,^{¶,***}
Edgardo Uriel León-Salguero^{|,¶,||,***}

Palabras clave:

enfermedad del segmento adyacente, análisis de elementos finitos, disco intervertebral, columna lumbar, osteofito.

Keywords:

adjacent segment disease, finite element analysis, intervertebral disc, lumbar spine, osteophyte.

* Hospital General del Estado de Sonora. Hermosillo, Sonora, México.

† Residente de cuarto año de Ortopedia.

§ Médico adscrito de Ortopedia.

¶ Ingeniero en Mecatrónica, Instituto Tecnológico de Hermosillo. Hermosillo, Sonora, México.

|| Ingeniero en Mecánica con Especialidad en Mantenimiento, Maestría en Ciencias de los Materiales Avanzados y Doctorado en Nanotecnología, Universidad de Sonora. Hermosillo, Sonora, México.

ORCID:

** 0009-0003-1170-6543

¶¶ 0000-0003-4882-3543

§§ 0009-0008-9250-0921

¶¶¶ 0000-0002-3198-4394

||| 0009-0009-5075-842X

||| 0000-0002-9088-4334

Correspondencia:

Jesús Ernesto Valdez Aguilar

E-mail: jernestova96@gmail.com

RESUMEN

Introducción: la enfermedad del segmento adyacente se ha vuelto un problema mayor posterior a la cirugía de fusión. Se refiere a los cambios degenerativos en el segmento adyacente a los fusionados en una instrumentación. Puede llevar a la recurrencia de lumbalgia y radiculopatía, afectando la eficacia a largo plazo de la cirugía y condicionando la reintervención en algunos pacientes. Se han realizado estudios con el fin de entender los factores que contribuyen en el desarrollo de esta patología, y así tomar medidas para evitarla o cuando menos retrasarla. **Objetivo:** determinar el comportamiento biomecánico del disco intervertebral lumbar adyacente en modelos de elementos finitos sometidos a fijación posterior en diferentes estadios de degeneración. **Material y métodos:** fue construido un modelo de elementos finitos de una columna lumbar intacta, la cual fue validada al comparar con estudios *in vitro*. Los modelos modificados, que incluían diferentes grados de degeneración (pérdida de altura discal, artrosis facetaria y formación de osteofito vertebral anterior), fueron sometidos a cargas fisiológicas y posteriormente de igual manera, pero con una fijación posterior de L4 a S1. Las variaciones de estrés en el disco de L3 fueron medidas en todos los modelos. **Resultados:** los niveles con diferentes grados de degeneración presentaron alteraciones biomecánicas en el segmento adyacente. Los resultados estadísticos mostraron que la diferencia de estrés a la cual se sometió al disco de L3 fue significativa en todos los modelos a movimientos de flexoextensión. **Conclusiones:** las cargas posteriores a la instrumentación ocasionarán espondiloartrosis y consecuentemente enfermedad del segmento adyacente en el disco sano, y en proporción significativamente mayor al disco previamente degenerado.

ABSTRACT

Introduction: adjacent segment disease has become a major problem following fusion surgery. It refers to degenerative changes in the segment adjacent to those fused in an instrumentation. It can lead to recurrence of low back pain and radiculopathy, affecting the long-term effectiveness of

Citar como: Valdez-Aguilar JE, Victoria-Buitimea CJ, Lomelí-Zamora D, Rojas-Ayala A, Sotelo-Valencia D, León-Salguero EU. Biomecánica del segmento adyacente proximal posterior a la fusión lumbar en el disco previamente degenerado: un estudio de elementos finitos. *Cir Columna*. 2025; 3 (2): 78-83. <https://dx.doi.org/10.35366/119616>



*surgery and leading to reintervention in some patients. Studies have been carried out in order to understand the factors that contribute to the development of this pathology, and thus take measures to avoid it or at least delay it. **Objective:** determine the biomechanical behavior of the adjacent lumbar intervertebral disc in finite element models subjected to posterior fixation in different stages of degeneration. **Material and methods:** a finite element model of an intact lumbar spine was built, which was validated by comparing with in vitro studies. The modified models that included different degrees of degeneration (loss of disc height, facet osteoarthritis and formation of anterior vertebral osteophyte), were subjected to physiological loads and subsequently in the same way, but with posterior fixation from L4 to S1. Stress variations in the L3 disc were measured in all models. **Results:** levels with different degrees of degeneration presented biomechanical alterations in the adjacent segment. The statistical results showed that the difference in stress to which the L3 disc was subjected was significant in all models to flexion-extension movements. **Conclusions:** the loads after instrumentation will cause spondyloarthritis and consequently adjacent segment disease in the healthy disc, and in a significantly greater proportion to the previously degenerated disc.*

INTRODUCCIÓN

La evidencia científica muestra que el disco degenerado adyacente a una instrumentación se somete a cargas considerablemente mayores (al compararlas con un segmento no instrumentado),¹⁻³ las cuales son proporcionales al número de segmentos instrumentados.^{1,4} Además, presenta capacidades biomecánicas significativamente inferiores a las de un disco sano,¹⁻⁶ por lo que previamente se ha concluido que un disco degenerado adyacente es un factor de riesgo para el desarrollo de la enfermedad del segmento adyacente (ESA).^{1,7,8}

Dicha entidad parte de la unidad funcional de la columna vertebral, la cual consta de dos vértebras, un disco intervertebral y su complejo ligamentario correspondiente (ligamentos longitudinal anterior y posterior, amarillo, supraespinoso e interespinoso), la que permite el soporte, distribución de cargas y protección de la medula y sus raíces nerviosas salientes. Al estar alguna de estas estructuras disfuncionales, el resto sufrirá una sobrecarga y posteriormente una degeneración de la unidad funcional.⁹

Se cuenta en la literatura con factores de riesgo asociados a esta entidad, los cuales se pueden dividir en independientes y dependientes.

Independientes

1. Índice de masa corporal (IMC): en sobrepeso (mayor a 25 kg/m²) con una relación directamente proporcional con la incidencia de ESA.^{8,10}
2. Osteoporosis: asociada a riesgo de falla biomecánica del sistema de instrumentación.^{8,10}
3. Degeneración discal previa: Pfirmann de grado III o superior se relacionan con el desarrollo de ESA.¹¹

Dependientes

1. Abordaje (abierto, mínimo invasivo): un abordaje extendido favorecerá el desarrollo de ESA.¹⁰
2. Balance sagital (BS): el desbalance sagital (DS) mayor a 50 mm está asociado al desarrollo de ESA.⁹
3. Balance espinopélvico (BEP): el desbalance espinopélvico (DEP) aumenta la sobrecarga de los segmentos adyacentes, la incidencia pélvica, lordosis lumbar y pendiente sacra aumenta el riesgo de desarrollar ESA al igual que el aumento de la inclinación pélvica.^{9,10}
4. Técnica de artrodesis: fusión intersomática posterior, transforaminal, oblicua, lateral y anterior tienen el mismo riesgo de patología del segmento adyacente (PSA).¹⁰
5. Lesión facetaria: principales variables asociadas a desarrollo de ESA, se ha publicado un riesgo relativo mayor a 10 comparado contra no lesionar el complejo facetario.^{10,12}

Hasta la fecha no se ha realizado un estudio de este tipo con modelos exclusivamente con disco degenerado, por lo que se desconoce las características del disco en diferentes etapas de la degeneración discal sin instrumentación y el cómo se comparan con estas mismas características al estar adyacentes a una instrumentación.

Nuestro estudio tiene como objetivo el describir la magnitud de los esfuerzos a los cuales se somete el disco enfermo en sus diferentes etapas de la historia natural de la degeneración discal, y cómo se comparan al estar adyacentes a un segmento lumbar fusionado.

MATERIAL Y MÉTODOS

La estructura geométrica base se obtuvo de una tomografía computarizada de columna lumbosacra

de masculino sano anónimo de 21 años de edad en formato STL, del sitio web Embodi3d.com, de la cual se obtuvieron las vértebras y discos intervertebrales, las cuales se modificaron para su simulación en SolidWorks 2022, donde además se dibujó el anillo fibroso y facetas articulares. En el mismo programa se realizó el software de simulación y análisis biomecánico mediante el método de elementos finitos y métodos numéricos.

Con base en el modelo sano, se digitalizó un constructo de una columna lumbosacra, constando de cinco vértebras lumbares con sus cuerpos, facetas articulares superiores e inferiores, apófisis transversas, espinosas y láminas, un sacro completo, con disco intervertebral de los segmentos de la primera lumbar (L1) hasta la primera vértebra sacra (S1).

1. Primer paso (modelo 1) consiste en simular una degeneración en el disco de L3, al disminuir su altura en un 60%, eliminando su capacidad de tolerar la compresión del núcleo al cambiar su módulo elástico a 10 MPa (Figura 1A).
2. Segundo paso (modelo 2): se simula la degeneración facetaria, al disminuir el espacio articular de 0.5 a 0.25 mm y aumentar su coeficiente de fricción de 0 a 0.5% (Figura 1B).
3. Tercer paso (modelo 3): se simula una espondiloartritis anterior entre el cuerpo de L3 y L4 al colocar un puente óseo virtual (osteofitos unidos) (Figura 1C).
4. Cuarto paso: se instrumenta virtualmente los niveles L4 a S1 (modelo 4, 5 y 6) con tornillos transpediculares posteriores y barras intersomáticas (bloqueando por completo los movimientos de flexoextensión) (Figura 2 A-C).

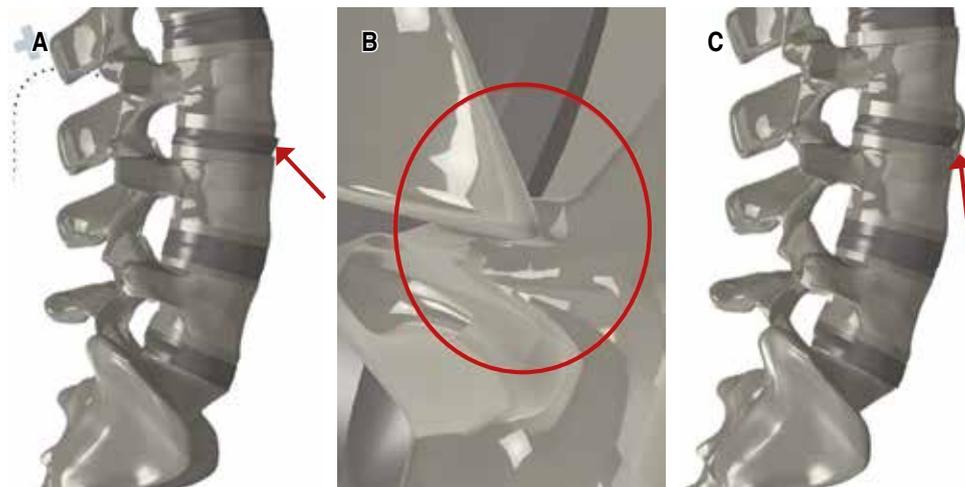


Figura 1:

Mallado. A) Modelo 1. B) Modelo 2. C) Modelo 3.

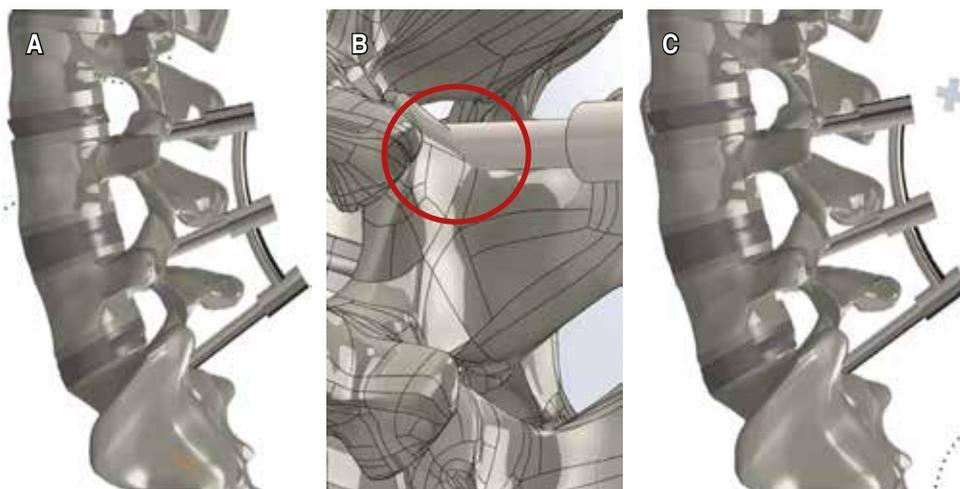


Figura 2:

Mallado. A) Modelo 4. B) Modelo 5. C) Modelo 6.

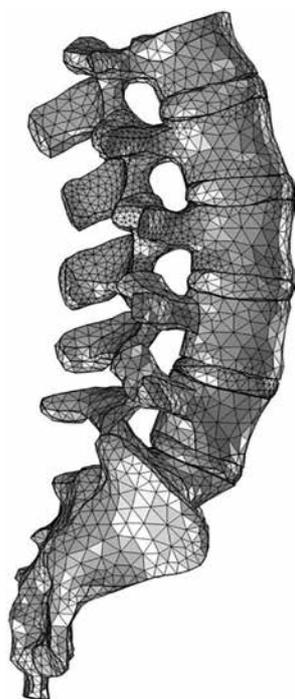


Figura 3:

Mallado completo de modelo sano.

5. Quinto paso: se hacen las pruebas de estrés al someter el modelo a una precarga de 400 N y una flexoextensión, inclinación lateral y rotación, todas correspondientes a 7.5 N, y se mide el nivel de estrés en Von Mises del disco adyacente (L3), tanto en su anillo fibroso como en su núcleo pulposo.

Para la simulación del modelo sano, el mallado está compuesto de 834,533 elementos triangulares, 2,353 caras y 6,539 aristas (Figura 3).

Se realizó un modelado como acoplamientos flexibles del complejo ligamentario tanto de banda de tensión (ligamentos supraespinosos, interespinosos, amarillos e interfacetarios), longitudinal anterior y posterior, y cápsula articular facetaria. Este tipo de acoplamientos no es necesario dibujarlos ni presentarlos como malla, para aportar las capacidades mecánicas de éstas al modelo base, y así presentar un estudio más fiable.

Se asignaron propiedades físicas a los materiales según la literatura^{1,10-13} de hueso cortical, esponjoso, platillo terminal, núcleo pulposo, anillo fibroso y articulación facetaria, con su módulo elástico determinado en megapascuales (MPa) y razón de Poisson (Tabla 1 y Figura 4).

Las pruebas biomecánicas se efectuaron en el software COMSOL, y se realizó un análisis de los

resultados estáticos para todos los casos donde se obtuvieron reportes de concentración de estrés y su distribución, medido en Von Mises.

RESULTADOS

Al someter a estudio un modelo de 210,472 elementos triangulares 65,978 caras y 1,885 aristas, aplicándole una carga de 400 N en la superficie proximal de la primer vértebra lumbar en los seis modelos (degeneración discal, igual más degeneración facetaria, igual más espondiloartrosis con o sin fusión posterior de L4 a S1 en todos los casos) y mediante el sistema COMSOL someterlo a compresión axial, flexoextensión, inclinación lateral y rotación, se obtuvieron los resultados reportados en MPa siguientes (Tabla 2):

- **Paso 1.** Degeneración discal sin instrumentación posterior.

Tabla 1: Propiedades físicas de materiales utilizados en el modelo sano.

Estructura	Módulo elástico (MPa)	Poissons ratio V
Hueso cortical	12,000	0.30
Hueso esponjoso	200	0.25
Platillo terminal	1,000	0.30
Núcleo pulposo	1	0.49
Anillo fibroso	4.2	0.45
Artrosis facetaria	11	0.40

MPa = megapascuales.

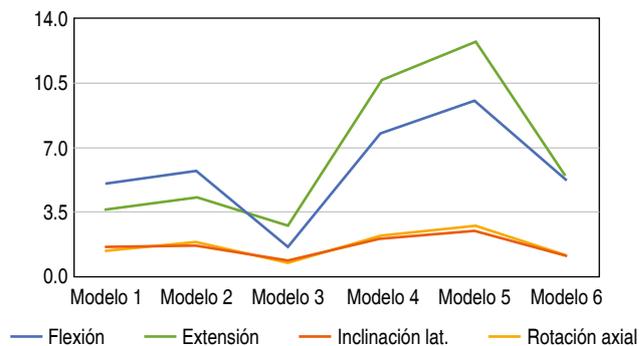


Figura 4: Representación gráfica de distribución de estrés máximo en megapascuales (MPa) a los distintos tipos de movimiento.

Tabla 2: Resultados de estrés máximo en megapascales (MPa) de los modelos a los distintos tipos de movimiento.

Esfuerzo	Modelo					
	1	2	3	4	5	6
Flexión	5.05	5.65	1.61	7.8	9.6	5.18
Extensión	3.62	4.32	2.76	10.7	12.81	5.21
Inclinación lateral	1.57	1.66	0.89	2.1	2.42	1.13
Rotación axial	1.42	1.81	0.75	2.2	2.76	1.14

El estrés máximo reportado en el disco de L3-L4 fue de 5.05 a la flexión, 3.62 extensión, 1.57 inclinación lateral y 1.42 a la torsión.

- Paso 2.** Degeneración discal, más degeneración facetaria sin instrumentación posterior.
El estrés máximo reportado en el disco de L3-L4 fue de 5.65 a la flexión, 4.32 a la extensión, 1.66 inclinación lateral y 1.81 a la torsión.
- Paso 3.** Degeneración discal y facetaria, más espondiloartrosis anterior sin instrumentación posterior.
El estrés máximo reportado en el disco de L3-L4 fue de 1.61 a la flexión, 2.76 extensión, 0.89 inclinación lateral y 0.75 a la torsión.
- Paso 4.** Degeneración discal con instrumentación posterior.
El estrés máximo reportado en el disco de L3-L4 fue de 6.8 a la flexión, 10.7 extensión, 2.1 inclinación lateral y 2.2 a la torsión.
- Paso 5.** Degeneración discal, más degeneración facetaria con instrumentación posterior.
El estrés máximo reportado en el disco de L3-L4 fue de 7.6 a la flexión, 12.81 extensión, 2.42 inclinación lateral y 2.76 a la torsión.
- Paso 6.** Degeneración discal y facetaria, más espondiloartrosis anterior con instrumentación posterior.
El estrés máximo reportado en el disco de L3-L4 fue de 5.58 a la flexión, 5.41 extensión, 1.13 inclinación lateral y 1.14 a la torsión.

Resultados estadísticos

Los datos estadísticos fueron analizados usando la prueba de T pareada. Los resultados mostraron que no hubo diferencia significativa en el estrés resultante del disco L3-L4 entre los modelos no instrumentados con los que presentaban una instrumentación L4-S1 al tomar en cuenta todos los rangos de movimiento (1 con respecto al 4 (0.136), 2 frente al 5 (0.135)

Tabla 3: Resultados al comparar los distintos modelos con sus variables instrumentadas tomando todos los arcos de movimiento evaluados (A), y sólo tomando en cuenta la flexión y la extensión (B).

Modelo	P
A	
1 versus 4	0.136
2 versus 5	0.135
3 versus 6	0.117
B	
1 versus 4 FE	0.046
2 versus 5 FE	0.034
3 versus 6 FE	0.017

FE = flexoextensión.

y 3 versus 6 (0.117). Al descartar las variables de movimiento de inclinación lateral y rotación axial se observó una diferencia significativa entre cada grupo instrumentado, con respecto al no instrumentado (1 versus 4 (0.046), 2 con respecto al 5 (0.034) y 3 frente al 6 (0.017) (Tabla 3).

DISCUSIÓN

Existen estudios previos en los cuales se ha investigado la respuesta mecánica de la columna lumbar al ser sometidos a cargas por medio de elementos finitos. Se ha corroborado su validez comparándola con estudios biomecánicos en cadáveres.^{1,3,10,11,14}

Una limitación del estudio es el no poder brindar una deformidad consecutiva con respecto al número de cargas al cual se someta, con lo que se podría dar mayor información sobre si los diferentes estadios de degeneración son o no un factor de riesgo significativo para el desarrollo de enfermedad del segmento adyacente.

Los músculos no fueron tomados en cuenta para este trabajo. Sin embargo, los ligamentos fueron susti-

tuidos por acoplamientos flexibles, los cuales confieren la resistencia biomecánica correspondiente.

La complejidad del modelo utilizado en este trabajo se consideró suficiente para determinar la distribución de las cargas estáticas en la columna.

En este estudio se utilizó un modelo de elementos finitos con segmento lumbosacro completo en el cual se simuló una fusión posterior común utilizada en la actualidad (L4-S1), encontrando que las diferentes etapas de la degeneración en la articulación lumbar global en el segmento adyacente ocasionan un riesgo significativo ($p < 0.05$).

Sin necesidad de hacer un trabajo en cadáveres se llega a la conclusión de que las deformidades que presenta el disco son suficientes para condicionar los cambios estructurales de una espondiloartrosis. Se requiere poder aplicar cargas cíclicas para apreciar los cambios anatómicos de una enfermedad del segmento adyacente.

CONCLUSIONES

Las cargas posteriores a la instrumentación ocasionarán espondiloartrosis, consecuentemente enfermedad del segmento adyacente en el disco sano y en proporción significativamente mayor al disco previamente degenerado.

La presencia de cambios degenerativos prequirúrgicos demostró aumentar el estrés al cual se somete el disco adyacente, siendo mayor la alteración biomecánica de los modelos con pérdida de altura del disco y degeneración facetaria (en comparación al modelo con espondiloartrosis anterior).

Los elementos finitos son una simulación muy exacta del modelo humano real y el desarrollo de más modelos como éste pueden aumentar su poder como herramienta predictiva del comportamiento biomecánico de la columna lumbar.

AGRADECIMIENTOS

Al Servicio de Ortopedia del Hospital General del Estado de Sonora.

A los ingenieros David Sotelo y Edgardo León.

REFERENCIAS

1. Yan JZ, Qiu GX, Wu ZH, Wang XS, Xing ZJ. Finite element analysis in adjacent segment degeneration after lumbar fusion. *Int J Med Robot.* 2011; 7: 96-100.
2. Ballesteros R, Gómez B, Bonsfills. *Columna toracolumbar.* Madrid, España: Marbán; 2012.
3. Bach K, Ford J, Foley R, Januszewski J, Murtagh R, Decker S, et al. Morphometric analysis of lumbar intervertebral disc height: an imaging study. *World Neurosurg.* 2018; S1878-8750(18)32836-5.
4. Bono CM, Bhalla A, Garfin SR. Rothman-Simeone and Herkowitz's the spine. In: Rothman-Simeone and Herkowitz's the spine. 8th ed. Chapter 2, 2018, pp. 17-55.
5. Chang L, Kirnaz S, Wipplinger C, Schmidt FA, Härtl R. *Youmans and Winn neurological surgery.* 6th ed. Youmans and Winn neurological surgery. 2011, 2830-2830.
6. Murphy K, Lufkin T, Kraus P. Development and degeneration of the intervertebral disc-insights from across species. *Vet Sci.* 2023; 10: 540.
7. Lomelí-Rivas A, Larrinúa-Betancourt JE. Biomecánica de la columna lumbar: un enfoque clínico. *Acta Ortop Mex.* 2019; 33: 185-191.
8. Kapandji IA. *Cuadernos de fisiología articular.* 5th ed. Madrid: Editorial Médica Panamericana; 1998.
9. Sun Z, Li W, Guo Y, Zhou S, Xu F, Chen Z, et al. Effect of pre-existing adjacent segment degeneration on short-term effectiveness after lumbar fusion surgery. *Zhongguo Xiu Fu Chong Jian Wai Ke Za Zhi.* 2019; 33: 837-844.
10. Rao SS. *The finite element method in engineering.* 4th ed. Elsevier Science & Technology Books; 2004, p. 658.
11. Adams MA, Dolan P. Spine biomechanics. *J Biomech.* 2005; 38: 1972-1983.
12. Martínez SJA, Del Valle RR, Méndez PJA, Valdez AJE, Altamirano CAA. Patología del segmento adyacente lumbar. Una revisión actualizada. *Cir Columna.* 2024; 2: 90-96.
13. Dachuan L, Xiao L, Guangyu X, Jian S, Minghao S, Feizhou L, et al. Correlation between paravertebral muscle atrophy and facet joint morphological change and adjacent segmental disease after lumbar fusion. *Chin J Orthop.* 2022; 12: 1292-1300.
14. Chong ACM, Harrer SW, Heggeness MH, Wooley PH. Biomechanical evaluation of CIBOR spine interbody fusion device. *J Biomed Mater Res B Appl Biomater.* 2017; 105: 1157-1168.

Conflicto de intereses: los autores declaran no tener ningún conflicto de intereses en este trabajo.



April-June 2025
Vol. 3, no. 2 / pp. 84-88

Received: February 3, 2025
Accepted: February 18, 2025

doi: 10.35366/119617



Early clinical detection of adolescent idiopathic scoliosis: an observational study. Preliminary report

Detección clínica temprana de la escoliosis idiopática del adolescente: un estudio observacional. Informe preliminar

Alejandro A Reyes-Sánchez,^{*,†} Marcos Joaquín Robles Ortiz,^{*,§} Carla García-Ramos,^{*,¶} Armando Alpízar-Aguirre,^{*,||} Barón Zárate Kalfópulos,^{*,**} Fernando Reyes-Tarragó^{*,‡‡}

Keywords:
scoliosis, Adam test,
Cobb, idiopathic.

Palabras clave:
escoliosis, test Adams,
Cobb, idiopático.

ABSTRACT

Early scoliosis screening programs have been implemented in Latin America. In Brazil, a prevalence of 23.5% was reported using the Adam's sign, whereas Argentina reported a prevalence of 0.5% in 12-year-old schoolchildren. In Mexico, there is a lack of epidemiological data regarding adolescent idiopathic scoliosis (AIS). This observational, analytical, cross-sectional study analyzed 251 patient companions aged 10 to 18 years in an outpatient setting. Data collection included demographic information, personal and family medical history, socioeconomic level, somatometry, and physical examination with a focus on spinal assessment. Spinal evaluation included shoulder and scapular symmetry, posterior scapular protrusion, spinous process alignment, Adam's test, and laterality. The diagnosis was confirmed using panoramic radiographs and measured via the Cobb method. A total of 17 patients (6.9%) exhibited a positive Adam's sign; 10 (4%) had a left-sided hump and 7 (2.8%) a right-sided hump. Shoulder height asymmetry was present in 57 individuals (22.7%), while 18 (7.2%) exhibited spinous process misalignment. Suspected scoliosis cases comprised 9 females (52.9%) and 8 males (47.1%) with a mean age of 13.9 ± 2.5 years. The preliminary clinical incidence of AIS was 6.8%, while radiographic confirmation yielded a prevalence of 2.4%. At present, the Adam's test has a positive predictive value of 0.6.

RESUMEN

En América Latina se han realizado programas y campañas de escoliosis temprana. En Brasil se reportó una prevalencia de 23.5% utilizando el signo de Adam, mientras que Argentina notificó una prevalencia de 0.5% en escolares de 12 años. En México no existe información sobre la escoliosis idiopática del adolescente (AIS) en cuanto a prevalencia y factores asociados. Este estudio fue observacional, analítico y transversal. La población fue consulta externa en 251 acompañantes de pacientes entre 10 y 18 años. La información obtenida fue identificación, antecedentes familiares y personales de enfermedades, nivel económico, somatometría, exploración física y exploración clínica de enfoque de columna. La exploración de la columna consistió en simetría y alineación de hombros y escápula, protrusión de la escápula, alineación de las apófisis espinosas, prueba de Adams. Se confirmó el diagnóstico con radiografía panorámica medida por el método de Cobb. Un total de 17 pacientes (6.9%) tenían signo de Adams positivo, 10 (4%) giba izquierda y siete (2.8%) giba derecha, un total de 57 personas (22.7%) presentaban asimetría en la altura de los hombros y 18 (7.2%)

* Instituto Nacional de Rehabilitación Luis Guillermo Ibarra Ibarra. Cirugía de Columna. Ciudad de México, México.

ORCID

[†] 0000-0002-9517-9028

[§] 0000-0002-2835-3313

[¶] 0000-0001-6625-6111

^{||} 0000-0002-0612-1546

^{**} 0000-0002-0630-2662

^{‡‡} 0000-0001-6263-3290

Correspondence:
Marcos Joaquín Robles Ortiz
E-mail: dr.mjoaquinroblesort@gmail.com

How to cite: Reyes-Sánchez AA, Robles OMJ, García-Ramos C, Alpízar-Aguirre A, Zárate KB, Reyes-Tarragó F. Early clinical detection of adolescent idiopathic scoliosis: an observational study. Preliminary report. Cir Columna. 2025; 3 (2): 84-88. <https://dx.doi.org/10.35366/119617>



de la población total no mostró linealidad en el proceso espinoso. Los pacientes con sospecha de escoliosis fueron nueve mujeres (52.9%) y ocho hombres (47.1%). La edad media de este grupo fue de 13.9 ± 2.5 años. La incidencia preliminar de AIS en nuestra muestra es de diagnóstico clínico 6.8%, diagnóstico radiográfico confirmado en 2.4%. Por el momento la prueba de Adams tiene un valor predictivo positivo de 0.6.

INTRODUCTION

The Scoliosis Research Society (SRS) defines AIS as a structural, lateral, and rotational spinal deformity affecting otherwise healthy individuals during puberty.¹ AIS accounts for approximately 80% of all scoliosis cases. It manifests as a three-dimensional deformity involving coronal, axial, and sagittal planes, with a curvature $> 10^\circ$ in the coronal plane and no association with congenital or syndromic disorders. AIS predominantly affects individuals aged 10 to 18 years.²⁻⁴

AIS is a significant health concern, as it can impact patients psychologically, functionally, and aesthetically.^{3,5} Vertebral rotation is most pronounced at the apex, altering the rib cage morphology and producing a kyphotic appearance. Vertebral wedging progresses over time, with minimal or absent wedging at transitional vertebrae and maximal wedging at the apical vertebrae. The most common convexity is rightward in thoracic curves.⁶

A clinical examination is the primary diagnostic tool for AIS. Essential components include evaluating shoulder and scapular symmetry, pelvic leveling, Adam's test, and Pitre's sign.⁷ A positive Adam's sign indicates spinal rotation, warranting further investigation.⁸ The test has high sensitivity (73.9-100%) and specificity (77.8-99%).^{9,10}

Following clinical suspicion of scoliosis, a Bunnell scoliometer can quantify spinal inclination. If the Cobb angle exceeds 10° , an anteroposterior panoramic radiograph is recommended to determine curve magnitude, classification, and skeletal maturity.¹¹ The Cobb-Lippman method, introduced in 1948, calculates the scoliotic curve using a circular model, yielding high validity.¹²

In the United States, routine AIS screening has been conducted for over 50 years, contributing to increased nonoperative management.^{13,14} Reported AIS prevalence in the U.S. ranges from 2 to 2.5% for curves exceeding 10° .^{8,9,13,14} A U.K. study confirmed AIS prevalence rates of 2% for curves $> 10^\circ$, 0.5% for curves $> 20^\circ$, and 0.1% for curves $> 40^\circ$.¹⁴ In Brazil, the Adam's sign prevalence was 23.5%, whereas Argentina reported a 0.5% prevalence among 12-year-old schoolchildren.¹⁵⁻¹⁷ Global prevalence varies

between 1 and 24.8%, while incidence rates range from 0.47 to 5.2%.¹⁷ Epidemiological data in Mexico is outdated, with the most recent statistics dating back to 1989.^{1,18,19}

AIS is associated with female sex, with a female-to-male ratio of 1.5-2:1, increasing to 5:1 for curves $> 30^\circ$ and 10:1 for curves $> 40^\circ$.^{1,20-22} Screening programs identifying demographic, epidemiological, and clinical variables may facilitate early diagnosis and timely intervention, reducing long-term disability.

MATERIAL AND METHODS

The objective of this study was to determine the incidence of AIS in a population of patient companions attending an outpatient clinic, as well as to identify associated demographic and clinical characteristics. This observational, analytical, cross-sectional study included 251 patient companions aged 10 to 18 years who self-reported as healthy and provided informed consent (or parental consent for minors). Exclusion criteria included prior diagnosis of congenital, syndromic, or neuromuscular scoliosis, musculoskeletal malformations, and incomplete questionnaire responses. Data collection involved demographic information, medical and family history, socioeconomic status, and physical examination focused on spinal alignment, including evaluation of shoulder and scapular symmetry, posterior scapular protrusion, spinous process alignment, Adam's test, and laterality. The diagnosis was confirmed with panoramic radiographs measured using the Cobb method.¹² Statistical analyses included measures of central tendency (mean, median, mode) and dispersion (variance, standard deviation, percentiles) for quantitative variables, while qualitative variables were analyzed using proportions and ratios. Statistical significance was determined using the χ^2 (Mantel-Haenszel) and Student's t-test comparisons. The predictive value of the Adam's test was also assessed based on the study results.

RESULTS

A total of 251 participants met the inclusion criteria and were included in the study, comprising 41.4% males

and 58.6% females. The age range was 10 to 18 years, with a mean age of 13.5 years (± 2.5). The overall mean weight was 51.9 kg (± 12.8), mean height was 156 cm, and mean body mass index (BMI) was 21.0 (± 4.1). Regarding place of residence, 59.5% of participants lived in Mexico City, 22.3% in the State of Mexico, and 18.3% in other states of the country. Gestational age at birth was reported by 231 individuals, with a mean of 38.4 weeks (± 2.7).

A total of 17 individuals (6.8%) exhibited a positive Adam’s sign, with 10 (4%) showing a left thoracic hump and 7 (2.8%) a right thoracic hump. Shoulder height asymmetry was observed in 57 participants (22.7%), while 18 (7.2%) displayed misalignment of the spinous processes. Among individuals suspected of scoliosis, nine were female (52.9%) and eight were male (47.1%).

Comparison of demographic variables between individuals with suspected scoliosis and those without scoliosis is presented in *Table 1*. The mean age of mothers was 40.49 years (± 2.4), while the mean paternal age was 44.1 years (± 5.3). Educational attainment in the scoliosis group showed that 17.6% of mothers had a university degree, 11.8% a technical degree, 35.3% completed high school, 17.6% attended junior high school, 5.9% attended elementary school, and 11.8% had no formal education. Among fathers, 11.8% had a university degree, 5.9% had a technical degree, 52.9% completed high school, 17.6% attended junior high school, and 11.8% attended elementary school. In total, 70.6% of mothers and 82.4% of fathers had at least a high school education.

Regarding birth order, 111 (44.2%) participants were the firstborn, 75 (29.9%) were second-born, 42

(16.7%) were third-born, 13 (5.2%) were fourth-born, and 6 (2.4%) were fifth-born. Birth order comparisons showed a statistically significant trend ($p = 0.05$), with a higher incidence of scoliosis among firstborn individuals (nine suspected scoliosis cases occurred in firstborn children).

No statistically significant differences ($p = 0.59$) were found between individuals with suspected scoliosis and those without scoliosis concerning family medical history, including cardiovascular, endocrine, neurologic, musculoskeletal, gynecologic, oncologic, gastrointestinal, congenital, or malformation-related conditions. Similarly, no significant association was found between a family history of scoliosis and suspected scoliosis cases ($p = 0.57$). Birth complications did not show a significant association with scoliosis ($p = 0.48$), with 4 of 17 (23.5%) individuals with suspected scoliosis reporting birth complications, compared to 13 of 17 (76.5%) reporting no complications.

Of the 17 individuals with suspected scoliosis, 12 underwent confirmatory panoramic radiographs, with eight cases revealing a Cobb angle $> 10^\circ$, averaging 14.4° ($\pm 2.7^\circ$). Five individuals did not undergo radiographic confirmation. Based on these findings, the radiographically confirmed incidence of scoliosis was 2.4%. The positive predictive value of the Adam’s test in this study was calculated at 66.6%.

DISCUSSION

AIS is a disease that compromises the psychological, functional, and cosmetic state of the patient, leading to significant disability in the long term.³ The necessity

Table 1: Description of sociodemographic variables, t test was performed for independent samples, observing homogeneity between groups.

Variable	Comparison between groups		p
	Suspect of scoliosis	No suspect of scoliosis	
N (%)	17 (6.8)	234 (93.2)	
Age (years)	13.94 \pm 2.5	13.5 \pm 2.52	0.483
Weight (kg)	49.62 \pm 7.7	52.1 \pm 13.14	0.444
Height (cm)	154 \pm 15	156 \pm 10	0.422
BMI (kg/m ²)	21.46 \pm 6.3	21.05 \pm 3.94	0.695
Gestational age at birth (weeks)	37.29 \pm 3.81	38.49 \pm 2.613	0.106
Birth weight (kg)	2.94 \pm 0.716	3.15 \pm 0.592	0.247
Birth height (cm)	50.5 \pm 1.927	49.69 \pm 4.3	0.597

BMI = body mass index.

of systematic AIS screening remains controversial; however, some countries, such as the United States, have implemented early diagnostic programs.¹²⁻¹⁴ International organizations like the Scoliosis Research Society and the American Academy of Orthopedic Surgeons advocate for scoliosis screening to enable early diagnosis and treatment.²³ Most prevalence studies have been conducted in school settings, though this methodology remains debated.²⁴

Our preliminary study reported a clinical AIS incidence of 6.8% using the Adam's test, 7.2% based on spinous process misalignment, and 20% based on shoulder asymmetry. Confirmatory radiographic assessment yielded an AIS incidence of 2.4% for Cobb angles $> 10^\circ$.²¹ Konieczny et al. described AIS epidemiology, citing prevalence estimates between 0.5 and 5.2%.²⁴ Prior studies from Monterrey, Mexico, in 1989 indicated an AIS incidence of 1.4%.¹³ In the United States, AIS prevalence in pubertal populations ranges from 2 to 2.5%,^{5,14,20} whereas China reports a prevalence of 2.4%.²¹ Reports from Latin America indicate a prevalence of 1.4-2.3% in Brazil and 0.4% in Argentina.^{13,16} Our incidence aligns with global estimates, and while our clinical assessment may overdiagnose scoliosis, it remains a valuable screening tool for identifying high-risk individuals requiring further evaluation.

Prevalence studies frequently measure scoliosis presence at a single time point. Since scoliosis is a chronic condition, prevalence approximates the product of incidence and disease duration. The variation among reported prevalence rates likely results from differing detection methodologies and study populations.²⁵ A limitation of our study is the small sample size; an estimated 9,600 participants would be necessary to minimize a beta error of 1%. Other studies utilized sample sizes ranging from 376 to 2,822 participants, with minimal impact on prevalence estimates.

Our analysis found no statistically significant associations ($p > 0.05$) between scoliosis and potential risk factors, including parental age, parental education level, family medical history, prenatal conditions, musculoskeletal disorders, patient age, sex, weight, height, and medical history. Zheng et al. reported increased AIS prevalence among females and individuals with low BMI; however, their study comprised 79,122 participants, potentially explaining discrepancies with our findings.²⁴ Similarly, Konieczny et al. documented a higher AIS incidence in females, with sex ratios ranging from 1.5:1 to 2:1.^{9,24} Our smaller sample size may have influenced deviations from international trends.

Screening programs have gained recognition for early disease detection, facilitating prompt diagnosis and intervention. Leading orthopedic organizations, including the Scoliosis Research Society and the American Academy of Orthopedic Surgeons, recommend scoliosis screening at 13 years for females and 14 years for males. Adam's test yielded a positive predictive value of 0.6 in our study. While relatively low, it remains useful for identifying candidates for further radiographic assessment.^{26,27}

CONCLUSIONS

Our study underscores the importance of early clinical detection of AIS using systematic physical examination and radiographic confirmation. While the clinical incidence was 6.8%, radiographic confirmation identified a lower incidence of 2.4%, highlighting the limitations of physical examination alone. The Adam's test demonstrated moderate predictive value, reinforcing its role as a useful screening tool but emphasizing the necessity of confirmatory imaging for accurate diagnosis.

No statistically significant associations were found between AIS and common risk factors such as parental age, education level, or prenatal history. However, the variation in prevalence across studies suggests that environmental and genetic factors may still contribute to AIS development. Given the need for larger sample sizes to improve statistical power, future studies should aim to refine screening methodologies and explore potential risk factors further.

Implementing structured screening programs, particularly in school-aged populations, could facilitate early diagnosis and timely intervention, reducing the risk of severe spinal deformities and long-term disability. Additionally, optimizing diagnostic protocols with improved predictive tools would enhance scoliosis management and treatment outcomes. Further research is needed to validate screening strategies and assess the long-term benefits of early scoliosis detection programs.

REFERENCES

1. Morais T, Bernier M, Tucotte F. Age and sex specific prevalence of scoliosis and the value of school screening programs. *Am J Public Health.* 2007; 75: 76-80.
2. Hwang SW, Samdani AF, Marks M, Bastrom T, Garg H, Lonner B, et al. Five-year clinical and radiographic outcomes using pedicle screw-only constructs in the

- treatment of adolescent idiopathic scoliosis. *Eur Spine J*. 2013; 22: 1292-1299.
3. Muminagic S, Bisanovic S, Mehic S, Sivic S. Way of life as emphasizing factors in the progression of idiopathic scoliosis in adolescence era. *Mater Sociomed*. 2012; 24: 182-185.
 4. Fernández-Sánchez M. Prevalencia y factores asociados de las alteraciones raquídeas en sujetos escolares de edades comprendidas entre 6-12 años de Almería y provincia. [Doctoral thesis]. Málaga: Universidad de Málaga; 2012.
 5. Parent S, Newton PO, Wenger DR. Adolescent idiopathic scoliosis: etiology, anatomy, natural history, and bracing. *Instr Course Lect*. 2005; 5: 529-536.
 6. Soucacos P, Zacharis K, Beris A, Xenakis T. School-screening for scoliosis: a prospective epidemiological study in Northwestern and Central Greece. *J Bone Joint Surg Am*. 2004; 79: 1498-1503.
 7. Vallejos-Meana N, Rositto V, Legarreta C, Escalada M, Rositto G. Detección precoz de la escoliosis. *Arch Argent Pediatr*. 2005; 103: 367-370.
 8. Weinstein SL, Dolan LA, Cheng JC, Danielsson A, Morcuende JA. Adolescent idiopathic scoliosis. *Lancet*. 2008; 371: 1527-1537.
 9. Goldberg CJ, Dowling FE, Fogarty EE, Moore DP. School scoliosis screening and the United States Preventive Services Task Force. *Spine*. 2006; 20: 1368-1374.
 10. Reamy BV, Slakey JB. Adolescent idiopathic scoliosis: review and current concepts. *Am Fam Physician*. 2001; 64: 111-116.
 11. De la Cruz R, et al. Eficacia de las corrientes interferenciales para la mejoría de la angulación en niños con escoliosis idiopática. *Acta Ortop Mex*. 2012; 16: 211-216.
 12. Newton PO, Ventura N. Escoliosis. *Monografías AAOS-SECOT*. 2007; 2: 3-5.
 13. Montalvo M, León M. Escoliosis idiopática del adolescente. *Rev Mex Ortop Pediatr*. 2010; 12: 6-14.
 14. Leaver JM, Alvik A, Warren MD. Prescriptive screening for adolescent idiopathic scoliosis: a review of the evidence. *Int J Epidemiol*. 2002; 11: 101-111.
 15. Ali Fazal M, Edgar M. Detection of adolescent idiopathic scoliosis. *Acta Orthop Belg*. 2006; 72: 184-186.
 16. Nery LS, Halpern R, Nery PC, Nehme KP, Stein AT. Prevalence of scoliosis among school students in a town in southern Brazil. *Sao Paulo Med J*. 2010; 128: 69-73.
 17. Konieczny MR, Senyurt H, Krauspe R. Epidemiology of adolescent idiopathic scoliosis. *J Child Orthop*. 2013; 7: 3-9.
 18. Ostojic Z, Kristo T, Ostojic L, Petrovic P, Vasilj I, Santic Z. Prevalence of scoliosis in school-children from Mostar, Bosnia and Herzegovina. *Coll Antropol*. 2006; 30: 59-64.
 19. Martínez-Crespo G, Rodríguez-Piñero Durán M, López-Salguero AI, Zarco-Periñan MJ, Ibáñez-Campos T, Echevarría-Ruiz de Vargas C. Dolor de espalda en adolescentes: prevalencia y factores asociados. *Rehabil (Madr)*. 2008; 43: 72-80.
 20. Mendoza O, De la Garza C, Osio G. Historia natural de la escoliosis idiopática del adolescente en Monterrey, Nuevo León. *Rev Mex Ortop Traumatol*. 1989; 3: 106-109.
 21. Zheng Y, Dang Y, Wu X, Yang Y, Reinhardt JD, He C, et al. Epidemiological study of adolescent idiopathic scoliosis in Eastern China. *J Rehabil Med*. 2017; 49: 512-519.
 22. Adobor RD, Rimeslatten S, Steen H, Brox JI. School screening and point prevalence of adolescent idiopathic scoliosis in 4,000 Norwegian children aged 12 years. *Spine*. 2011; 36: 1201-1206.
 23. Menelaus MB, Taylor T, Ghosh GB. School screening for scoliosis: a Pandora's box. *Aust N Z J Surg*. 2004; 48: 2-3.
 24. Robles MJ, Sánchez BG, Reyes SA. Detección temprana de la escoliosis idiopática del adolescente: una estrategia en controversia. *Rev Fac Med UNAM*. 2017; 59: 43-56.
 25. Ciaccia MCC, Castro JS, Rahal MA, Penatti BS, Selegatto IB, Giampietro JLM, et al. Prevalence of scoliosis in public elementary school students. *Rev Paul Pediatr*. 2006; 35: 34-43.
 26. Coté P, Kreitz BG, Cassidy JD, Dzus AK, Martel J. A study of the diagnostic accuracy and reliability of the Scoliometer and Adam's forward bend test. *Spine*. 2000; 23: 796-802.
 27. Tahirbegolli B, Obertinca R, Bytyqi A, Kryeziu B, Hyseni B, Taganoviq B, et al. Factors affecting the prevalence of idiopathic scoliosis among children aged 8-15 years in Prishtina, Kosovo. *Sci Rep*. 2021; 11: 16786.

Conflict of interests: the authors have no conflicts of interest to declare. All co-authors have seen and agree with the contents of the manuscript and there is no financial interest to report.



Abril-Junio 2025
Vol. 3, núm. 2 / pp. 89-96

Recibido: 15 de Noviembre de 2024
Aceptado: 11 de Febrero de 2025

doi: 10.35366/119618



Impacto de la atrofia muscular paravertebral en los resultados quirúrgicos de la estenosis lumbar degenerativa

Impact of paravertebral muscle atrophy on surgical results of degenerative lumbar stenosis

Juan C Verde Becerra,^{*,†} Amado González Moga,^{*,§}
Iris J Sotelo Mayoral,^{*,¶} Miguel A Fuentes Rivera,^{*,||} Marcos F Contreras Zúñiga,^{*,**}
Hugo A Santos Benítez,^{*,‡‡} Isaac E Santos Uc,^{*,§§}

Palabras clave:
estenosis, lumbar, atrofia,
muscular, infiltración, grasa.

Keywords:
*stenosis, lumbar, atrophy,
muscular, infiltration, fat.*

RESUMEN

Introducción: la estenosis lumbar degenerativa (ELD) es una de las principales causas de dolor y discapacidad en adultos mayores. Fue descrita por Kirkaldy-Willis, quien dividió los cambios anatómicos en tres etapas progresivas: disfunción, inestabilidad y estabilización. Estas alteraciones ocasionan el estrechamiento de los espacios alrededor de las estructuras neurovasculares, lo que puede desencadenar síntomas como lumbociática y claudicación neurogénica. El dolor en la ELD es un fenómeno complejo, caracterizado por la interacción de múltiples estructuras anatómicas. Entre éstas se encuentran los músculos multifidos y erector espinal, que conforman la musculatura paravertebral posterior (MPP) y desempeñan un papel importante en el balance global de la columna lumbar. Los cambios degenerativos de la musculatura paravertebral, como la atrofia y la infiltración grasa son frecuentes en pacientes con ELD y se han asociado con resultados quirúrgicos desfavorables. **Objetivo:** planteamos la hipótesis de que, a menor volumen muscular, mayor grado de infiltración grasa en la musculatura paravertebral posterior, y se relacionan con resultados quirúrgicos desfavorables en pacientes con estenosis lumbar degenerativa. **Material y métodos:** se realizó un estudio observacional que incluyó 187 pacientes con estenosis lumbar degenerativa sometidos a tratamiento quirúrgico electivo. Se analizaron sus imágenes de resonancia magnética preoperatoria para determinar el volumen muscular y el porcentaje de infiltración grasa en la musculatura paravertebral posterior. Se estudió la asociación entre la atrofia muscular y los resultados clínicos postquirúrgicos reportados en el ODI y el JOABPEQ. **Resultados:** los resultados de ODI mostraron mejores puntuaciones en individuos clasificados como Kjaer Grado 0 y 1, así como en pacientes con volumen muscular alto. El cuestionario JOABPEQ evidenció una mejoría poco significativa del dolor lumbar en pacientes con Kjaer 2 y volumen muscular bajo. **Conclusiones:** los hallazgos de esta investigación indican que la infiltración grasa severa y el volumen reducido de los músculos paravertebrales posteriores se asocian con resultados quirúrgicos desfavorables en pacientes con estenosis lumbar degenerativa. Identificar estas variables permitirá una mejor estratificación del riesgo y promoverá intervenciones que minimicen el daño a la musculatura paravertebral. Además, los métodos utilizados en este estudio ofrecen una alternativa accesible para su aplicación en la práctica hospitalaria.

* Fellowship de Alta Especialidad en Cirugía de Columna del Centro Médico ISSEMyM, Ecatepec, México.

ORCID

† 0009-0006-8149-9887

§ 0000-0003-1745-0334

¶ 0009-0008-6509-5836

|| 0000-0001-7011-2479

** 0009-0003-3843-7662

‡‡ 0009-0002-8762-685X

§§ 0009-0005-9208-0830

Correspondencia:

Dr. Juan Carlos Verde Becerra
E-mail: bremen.cr@gmail.com

Citar como: Verde BJC, González MA, Sotelo MIJ, Fuentes RMA, Contreras ZMF, Santos BHA, et al. Impacto de la atrofia muscular paravertebral en los resultados quirúrgicos de la estenosis lumbar degenerativa. *Cir Columna*. 2025; 3 (2): 89-96. <https://dx.doi.org/10.35366/119618>



ABSTRACT

Introduction: degenerative lumbar stenosis (DLS) is one of the main causes of pain and disability in older adults. It was described by Kirkaldy-Willis, who divided the anatomical changes into three progressive stages: dysfunction, instability, and stabilization. These alterations cause narrowing of the spaces around neurovascular structures, which can trigger symptoms such as lumbosciatica and neurogenic claudication. Pain in DLS is a complex phenomenon, characterized by the interaction of multiple anatomical structures. These include the multifidus and erector spinae muscles, which make up the posterior paravertebral musculature (PPM) and play an important role in the overall balance of the lumbar spine. Degenerative changes in the paravertebral musculature, such as atrophy and fatty infiltration, are common in patients with DLS and have been associated with unfavorable surgical results. **Objective:** we hypothesized that lower muscle volume and a higher degree of fatty infiltration in the posterior paravertebral musculature are associated with unfavorable surgical outcomes in patients with degenerative lumbar stenosis. **Material and methods:** an observational study was conducted that included 187 patients with degenerative lumbar stenosis undergoing elective surgical treatment. Their preoperative magnetic resonance images were analyzed to determine muscle volume and percentage of fatty infiltration in the posterior paravertebral musculature. The association between muscle atrophy and postoperative clinical outcomes reported in the ODI and the JOABPEQ was studied. **Results:** the ODI results showed better scores in individuals classified as Kjaer Grade 0 and 1, as well as in patients with high muscle volume. The JOABPEQ questionnaire showed a non-significant improvement in low back pain in patients with Kjaer 2 and low muscle volume. **Conclusions:** the findings of this investigation indicate that severe fatty infiltration and reduced volume of the posterior paravertebral muscles are associated with unfavorable surgical outcomes in patients with degenerative lumbar stenosis. Identifying these variables will allow for better risk stratification and promote interventions that minimize damage to the paravertebral musculature. Furthermore, the methods used in this study offer an accessible alternative for application in hospital practice.

Abreviaturas:

ELD = estenosis lumbar degenerativa
MPP = musculatura paravertebral posterior
VM = volumen muscular
DXA = absorciometría de rayos X de doble energía (*dual-energy X-ray absorptiometry*)
CSA = área de sección transversal
ODI = índice de discapacidad de Oswestry
JOABPEQ = cuestionario de evaluación del dolor de espalda de la Asociación Japonesa de Ortopedia

INTRODUCCIÓN

La estenosis lumbar degenerativa (ELD) es una de las principales causas de dolor y discapacidad en adultos mayores. A pesar de no contar con análisis epidemiológicos detallados de su prevalencia, se estima que en el ámbito mundial aproximadamente 103 millones de personas la padecen.¹ La estenosis lumbar degenerativa fue descrita por Kirkaldy-Willis, quienes dividieron los cambios anatómicos en tres etapas progresivas: disfunción, inestabilidad y estabilización. Estas alteraciones se presentan principalmente a nivel de los discos intervertebrales, ligamentos amarillos y las articulaciones facetarias, ocasionando el estrechamiento de los espacios alrededor de las estructuras neurovasculares, con la posibilidad de desarrollar

síntomas como lumbociática y claudicación neurogénica. De esta forma, para establecer el diagnóstico de estenosis lumbar, se debe cumplir un doble postulado: la presencia del síndrome clínico y la confirmación mediante estudios de imagen.^{2,3}

El dolor en la ELD es un fenómeno complejo y multifactorial, caracterizado por la interacción de múltiples estructuras anatómicas involucradas en la generación y mantenimiento de este síntoma; entre éstas, se encuentran los músculos multifidos y erector espinal, que conforman la musculatura paravertebral posterior (MPP) (*Figura 1*) y que juegan un papel importante en el mantenimiento del balance global de la columna lumbar.⁴ Estos músculos antagonizan a los flexores espinales con el objetivo de mantener una posición neutra, además de contribuir con la estabilización segmentaria lumbar.⁵ Los cambios degenerativos de la musculatura paravertebral se caracterizan por la disminución del tamaño muscular (atrofia) y la sustitución de fibras musculares por depósitos de grasa (infiltración).⁶ Estos cambios son frecuentes en pacientes con ELD y aunque se han relacionado con la edad, existen múltiples factores que pueden contribuir con su desarrollo, como: el estado nutricional, la obesidad, el grado de actividad física o el género.^{7,8}

Cuando no se obtienen los resultados deseados con el manejo conservador en pacientes con ELD, se considera la opción del tratamiento quirúrgico. La técnica tradicional generalmente implica abordajes sobre la línea media posterior de la columna lumbar, con disección muscular subperióstica; dependiendo de las características clínicas y anatomofisiológicas del paciente, ésta puede complementarse con procedimientos de fusión intersomática e instrumentación posterior para proporcionar estabilidad adicional a la columna. No obstante, es importante señalar que este enfoque quirúrgico puede ocasionar lesiones iatrogénicas en la musculatura paraespinal. Como resultado de la lesión a un músculo atrofico, se ha documentado el desarrollo de dolor lumbar postoperatorio y la posibilidad de inestabilidad segmentaria, lo cual puede afectar negativamente la recuperación del paciente y su calidad de vida.^{4,5,7,9} Diversos estudios han intentado establecer una relación entre la atrofia muscular y eventos adversos postoperatorios.¹⁰⁻¹⁴ No obstante, se han encontrado discrepancias en los resultados obtenidos. Este desacuerdo puede atribuirse, en parte, a la falta de uniformidad en las definiciones y métodos diagnósticos utilizados.^{12,15,16}

Entre los múltiples métodos para la evaluación del volumen muscular (VM) y la infiltración grasa en este tejido, se encuentran la absorciometría de rayos X de doble energía (DXA *dual-energy X-ray absorptiometry* por sus siglas en inglés) y el análisis de impedancia bioeléctrica, ambas ampliamente utilizadas en la investigación, no así en la práctica clínica. Sin embargo, las mediciones musculares obtenidas mediante resonancia magnética (RM) se consideran el estándar de oro al ser un método no invasivo, debido a su capacidad para proporcionar imágenes de alta resolución que permiten valorar de forma precisa la composición muscular.^{7,17} A pesar de sus ventajas, es importante destacar que múltiples investigaciones basadas en RM implican el uso de *software* especializados que a menudo tienen un costo elevado. Este aspecto puede limitar la implementación generalizada de esta técnica en la práctica clínica cotidiana, especialmente en entornos con recursos económicos restringidos. Por tanto, es crucial que se continúen desarrollando y validando métodos de evaluación muscular que sean tanto precisos como accesibles.

Planteamos la hipótesis de que, a menor volumen muscular, mayor grado de infiltración grasa en la musculatura paravertebral posterior, y se relacionan con resultados quirúrgicos desfavorables en pacientes con estenosis lumbar degenerativa. Además, sugerimos el

uso de métodos reproducibles en la práctica clínica cotidiana para evaluar la atrofia muscular paravertebral posterior por resonancia magnética. Esta premisa se fundamenta en la creciente evidencia que sugiere que la composición muscular puede desempeñar un papel crucial en la recuperación y en la funcionalidad a largo plazo de estos pacientes. La identificación de estas variables como factores predictivos permitirá una mejor estratificación del riesgo y la posibilidad de implementar intervenciones más personalizadas que optimicen los resultados posoperatorios en la población mexicana.

MATERIAL Y MÉTODOS

Se realizó un estudio transversal, descriptivo y observacional. Se analizaron los estudios de resonancia magnética preoperatoria de columna lumbar en cortes axiales ponderados en T2 a nivel de la placa terminal inferior de L3 de 187 pacientes (79 mujeres/108 hombres) con diagnóstico de estenosis lumbar degenerativa que se sometieron a tratamiento quirúrgico electivo de descompresión y fusión lumbar posterior. Se excluyeron aquellos pacientes con antecedentes de cirugía de columna lumbar, diagnóstico de fractura vertebral, espondilodiscitis, tumores, escoliosis degenerativa, anomalías congénitas vertebrales, espondilolistesis de alto grado y aquéllos que no contaran con estudios de imagen disponibles al momento del estudio.

Se delimitó el área de sección transversal (CSA) de los músculos erector espinal y multifidos derechos e izquierdos, que conforman los MPP, utilizando un cursor gráfico para trazar un contorno alrededor de la fascia muscular que los rodea. Es decir, el CSA

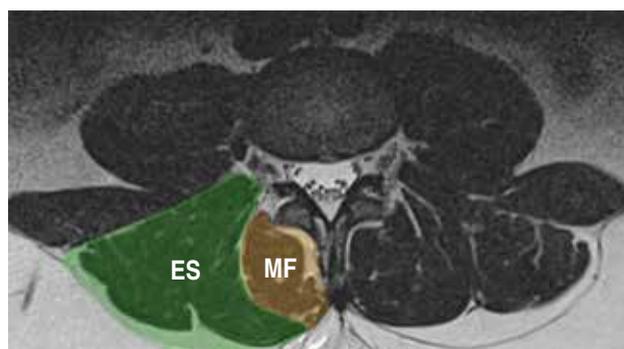


Figura 1: Corte axial de resonancia magnética ponderada en T2, a nivel de la plataforma terminal inferior de L3, donde se muestra la estructura de los músculos paravertebrales posteriores: erector espinal (ES) y multifidos (MF).

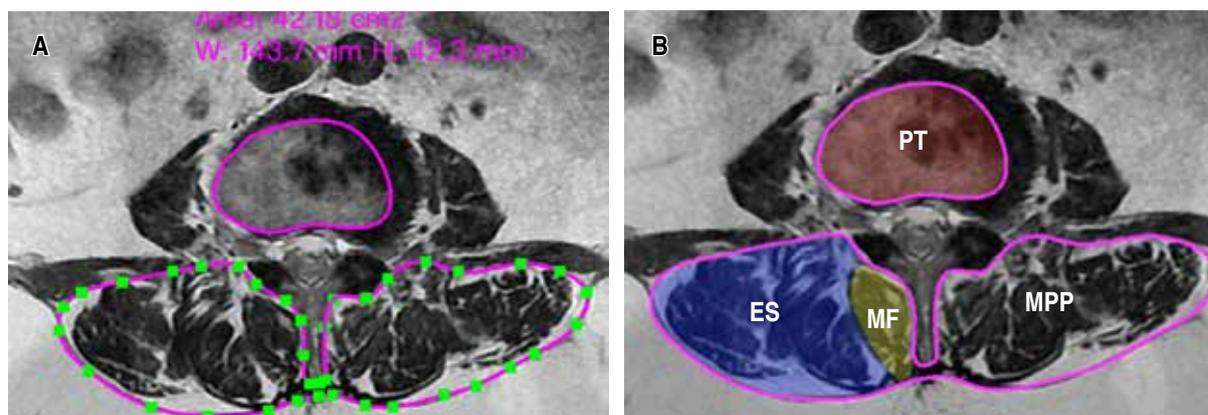


Figura 2: A y B) Corte axial de resonancia magnética ponderada en T2. Mediante un cursor gráfico, se delimitó el área de sección transversal (CSA) en color rosa, alrededor de la fascia que rodea los músculos erectores espinales (ES) y multifidos (MF) derechos e izquierdos, que conforman los músculos paravertebrales posteriores (MPP). De igual manera, se delimitó el CSA del cuerpo vertebral de L3, utilizando como referencia su plataforma terminal (PT) inferior.

se identificó desde el límite dorsal del músculo cuadrado lumbar, continuando a lo largo de la superficie posterior de la faceta articular, lámina vertebral y la apófisis espinosa. Esto permitió una definición clara del límite anatómico muscular a estudiar. De la misma forma, se determinó el CSA del cuerpo vertebral de L3, utilizando como referencia su plataforma terminal inferior, excluyendo la consideración de osteofitos y tejido del disco intervertebral (Figura 2).

La medición de estos parámetros se realizó en el formato *Digital Imaging and Communications in Medicine* (DICOM). Para determinar el VM, se dividió el CSA de los MPP por el CSA correspondiente a la plataforma terminal inferior de L3, posteriormente, el valor obtenido fue multiplicado por 100. Con el fin de clasificar a los pacientes, se establecieron tres categorías en función del volumen muscular: grupo bajo, que incluye aquellos con volumen menor a 300, grupo medio con volumen entre 300 y 400, y grupo alto compuesto por volúmenes mayores a 400. Para evaluar la calidad de los MPP, se empleó la escala visual de Kjaer, una herramienta eficaz para clasificar el grado de infiltración grasa en estos músculos. Esta evaluación permitió categorizar a los pacientes, de acuerdo con el porcentaje observado de infiltración grasa. Así, se establecieron tres categorías: grado 0 (0-10%), grado 1 (10-50%) y grado 2 (> 50%). Para la evaluación de los resultados postquirúrgicos reportados por los pacientes se utilizó el índice de discapacidad de Oswestry (ODI) y el cuestionario de evaluación del dolor de espalda de la Asociación Japonesa de Ortopedia (JOABPEQ). Se

utilizó el *software* oficial de dicha asociación, para el análisis de los datos recopilados.

RESULTADOS

Según el análisis estadístico, la muestra del estudio estuvo constituida por un total de 187 pacientes ($n = 187$), de los cuales 42% ($n = 79$) correspondieron a mujeres y 58% ($n = 108$) a hombres (Figura 3). Al examinar las imágenes de resonancia magnética, los pacientes se clasificaron en función de su volumen muscular: 87 pacientes presentaron un volumen muscular bajo, 71 un volumen muscular medio y 29 un volumen muscular alto. En cuanto al grado de infiltración grasa, se identificaron 17 pacientes con grado 0, 113 con grado 1 y 57 pacientes con grado 2 de Kjaer.

Los resultados evaluados mediante el ODI a los 18 meses después de la cirugía mostraron una mejoría significativa en todos los pacientes. No obstante, las mejores puntuaciones se observaron en aquellos individuos clasificados como Kjaer grado 0 y grado 1. Al evaluar el ODI en función del volumen muscular a través de la CSA, se encontró que los pacientes con VM alto presentaron puntuaciones significativamente más bajas a los 18 meses de seguimiento, en comparación con aquellos con VM medio y bajo.

En relación con el cuestionario JOABPEQ, cuyos resultados oscilan entre 0 y 100, con puntuaciones más altas indicando condiciones más favorables para los pacientes, se evidenció en el grupo de pacientes clasificados como Kjaer grado 2, presentó una mejoría

poco significativa en las subescalas de dolor lumbar y función en la vida social. El mayor cambio para este grupo se documentó en las subescalas de capacidad de deambulación, función lumbar y estado de salud mental a los 18 meses de seguimiento (Figura 4). Para los grupos Kjaer grado 0 y 1, se observó una mejora estadísticamente significativa ($p < 0.05$) en las subescalas de dolor lumbar y capacidad de deambulación, aunque no se identificó una relación directa para el resto de las subescalas. En los grupos de pacientes con volumen muscular alto y medio, se registró una mejoría significativa en las subescalas de dolor lumbar, capacidad de deambulación y salud mental a los 18 meses de seguimiento, con un intervalo de confianza de 95% (Figura 5). Al evaluar los datos demográficos de la población de estudio, no se encontró una correlación relevante entre el volumen muscular o grado de infiltración grasa con el índice de masa corporal (IMC)

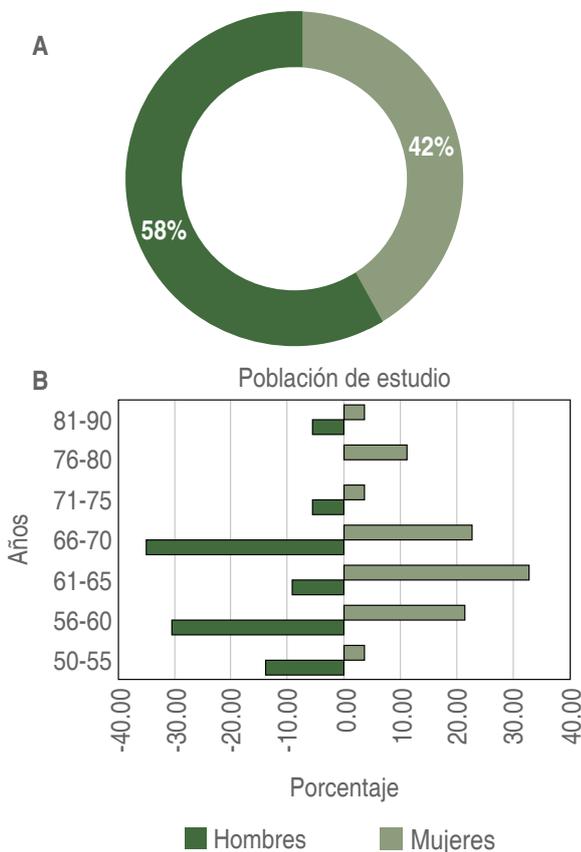


Figura 3: A) Proporción de hombres y mujeres en la muestra. B) Edad estratificada por género en la muestra. Prueba estadística t de Student. $p < 0.001$.

A

	1°	2°	Diferencia (2°-1°)
Dolor de la espalda baja	0	14	14
Función lumbar	25	58	33
Habilidad para caminar	0	64	64
Función de la vida social	24	38	14
Salud mental	27	56	29

B

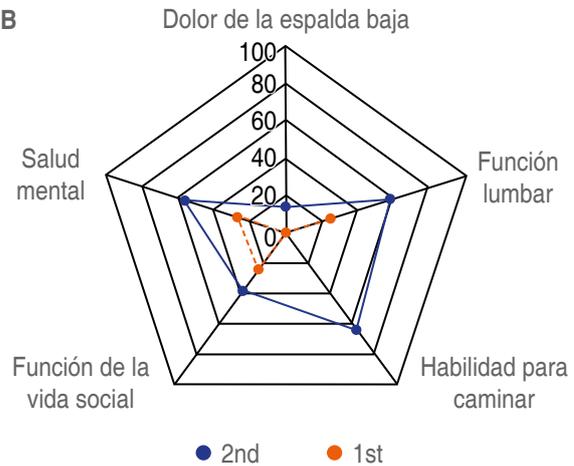


Figura 4: Cuestionario JOABPEQ. Al comparar las puntuaciones prequirúrgicas (en rojo) con las obtenidas 18 meses después de la cirugía (en azul), se observó una mejoría poco significativa en las subescalas de dolor lumbar y función en la vida social, en pacientes clasificados como Kjaer 2. JOABPEQ = cuestionario de evaluación del dolor de espalda de la asociación japonesa de ortopedia.

o diabetes. Sin embargo, se identificó una relación entre un mayor grado de infiltración grasa y el género femenino, así como en pacientes mayores de 65 años y aquellos con antecedentes de consumo de tabaco. Se observó una relación inversamente proporcional entre el volumen muscular y la edad de los pacientes.

DISCUSIÓN

En la presente investigación, los niveles de discapacidad según el ODI mostraron una notable mejoría en todos los pacientes sometidos a cirugía; sin embargo, se observó una mejor evolución en los individuos clasificados como Kjaer 0, 1 y con VM alto. Es decir, que a mayor porcentaje de grasa en los músculos paravertebrales (Kjaer 2), la puntuación de ODI también incrementaba, lo que indica que el dolor tenía un mayor

impacto en las actividades diarias de los pacientes a los 18 meses después de la cirugía. Es relevante mencionar los hallazgos de diversos estudios previos,^{1,3,9} que han evidenciado que la presencia de una infiltración grasa grave en los músculos paravertebrales puede ejercer un impacto negativo en los resultados clínicos y radiográficos de la fusión lumbar. Cabe mencionar que durante dichas investigaciones se utilizó un *software* de procesamiento de imágenes avanzado que permitió determinar el grado de infiltración grasa. Por nuestra parte, los pacientes se clasificaron utilizando la escala de Kjaer para dicha evaluación. A pesar de la diferencia en los métodos utilizados, los resultados arrojaron conclusiones similares. En otras palabras, se encontró que una infiltración grasa grave tiende a afectar negativamente los resultados de la cirugía de columna lumbar. Es importante destacar

	1°	2°	Diferencia (2°-1°)
Dolor de la espalda baja	0	71	71
Función lumbar	0	42	42
Habilidad para caminar	0	71	71
Función de la vida social	24	35	11
Salud mental	27	63	36

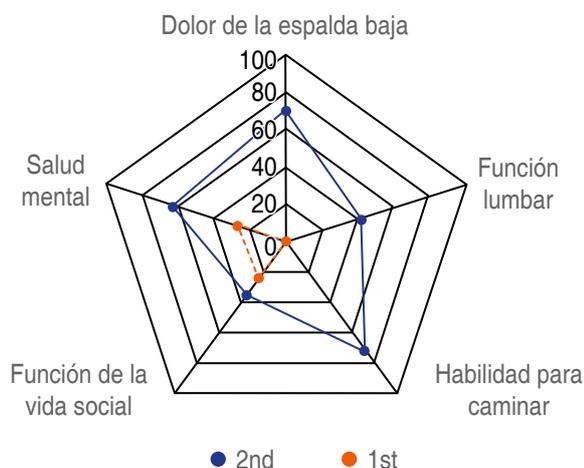


Figura 5: Cuestionario JOABPEQ. Al comparar las puntuaciones prequirúrgicas (en rojo) con las obtenidas 18 meses después de la cirugía (en azul), se observó una mejoría significativa en las subescalas de dolor lumbar, capacidad de deambulación y salud mental en los grupos de pacientes con volumen muscular alto y medio.

JOABPEQ = cuestionario de evaluación del dolor de espalda de la asociación japonesa de ortopedia.

que la convergencia de resultados de estudios independientes, utilizando métodos diagnósticos distintos, puede conferir validez a dichas conclusiones.

Los pacientes con VM alto, presentaron puntuaciones bajas de ODI y, por tanto, experimentaron menos limitación debido al dolor durante sus actividades cotidianas, en comparación con sus contrapartes, aquellos individuos con menor masa muscular paravertebral, quienes mostraron una tendencia a experimentar mayor discapacidad funcional. Este hallazgo propone que un mayor volumen muscular puede relacionarse con una mejor tolerancia al dolor, permitiendo una recuperación más favorable tras el tratamiento quirúrgico. Estos resultados son consistentes con los reportes de otras investigaciones,^{4,5,7} las cuales concluyen que los pacientes con mayor volumen muscular paravertebral tienden a experimentar una mejor evolución clínica y radiográfica después de la cirugía. Mientras que en este estudio no se incluyó al músculo psoas mayor, a diferencia de otros trabajos publicados,⁷ una extensa revisión de la literatura sobre el impacto del tamaño muscular paravertebral en los resultados de la cirugía de columna⁵ respalda la asociación entre un mayor volumen muscular paravertebral posterior y mejores resultados postquirúrgicos. Esto sugiere que, aunque el músculo psoas no fue incluido en el análisis de nuestra investigación, la musculatura paravertebral posterior desempeña un papel crucial en la recuperación de los pacientes. Los resultados del cuestionario JOABPEQ mostraron que aquellos individuos con mayor infiltración grasa y un volumen muscular bajo tuvieron una mejoría limitada en la intensidad del dolor lumbar, así como en su capacidad para participar en actividades de la vida social. Por el contrario, los pacientes caracterizados por tener menor infiltración grasa y un mayor volumen muscular exhibieron resultados notablemente superiores tanto en la reducción del dolor lumbar, como en la capacidad de deambulación.

La evaluación de los datos demográficos en nuestra población no reveló una correlación entre el volumen muscular o el grado de infiltración grasa con el IMC. Sin embargo, se observó que a medida que aumenta la edad, tiende a disminuir el volumen muscular. Asimismo, se encontró que un mayor grado de infiltración grasa se asociaba frecuentemente con el género femenino, edades mayores de 65 años y en aquellos pacientes con antecedentes de consumo de tabaco. Resultados similares reportados en otras investigaciones^{1,6,11} mencionan que la infiltración grasa del músculo paraespinal se relaciona con factores

como la vejez, el sexo femenino y una menor densidad mineral ósea. Aunque nuestro estudio no incluyó un análisis específico de esta última, consideramos que dicha asociación no puede ser descartada.

CONCLUSIONES

Los hallazgos derivados de esta investigación reflejan que la presencia de una infiltración grasa severa, así como un volumen reducido de los músculos paravertebrales posteriores, se asocia con resultados quirúrgicos desfavorables en pacientes con estenosis lumbar degenerativa. Consideramos que la identificación de estas variables como factores predictivos permitirá una mejor estratificación del riesgo a considerar durante la planificación quirúrgica, favoreciendo intervenciones que minimicen el daño a la musculatura paravertebral y optimicen los resultados del tratamiento quirúrgico en la población mexicana.

Por último, es importante destacar que los métodos utilizados en este estudio, para el análisis de la musculatura paravertebral, a través, de la resonancia magnética, no dependen de programas informáticos que puedan aumentar el costo de la atención. Reconocemos que se requieren evaluaciones adicionales en investigaciones futuras para validar plenamente sus resultados; sin embargo, consideramos que, en el contexto actual, representan una alternativa accesible para su aplicación en la práctica hospitalaria.

AGRADECIMIENTOS

A los profesores de Alta Especialidad en Cirugía de Columna del Centro Médico Ecatepec ISSEMyM, por su valiosa participación en la elaboración de este trabajo.

REFERENCIAS

- Katz JN, Zimmerman ZE, Mass H, Makhni MC. Diagnosis and management of lumbar spinal stenosis: a review. *JAMA*. 2022; 327: 1688-1699.
- Saremi A, Goyal KK, Benzel EC, Orr RD. Evolution of lumbar degenerative spondylolisthesis with key radiographic features. *Spine J*. 2024; 24: 989-1000. Available in <https://doi.org/10.1016/j.spinee.2024.01.001>
- Kim HS, Wu PH, Jang IT. Lumbar degenerative disease part 1: anatomy and pathophysiology of intervertebral discogenic pain and radiofrequency ablation of basivertebral and sinuvertebral nerve treatment for chronic discogenic back pain: a prospective case series and review of literature. *Int J Mol Sci*. 2020; 21: 1483. Available in: <https://doi.org/10.3390/ijms21041483>
- You KH, Cho M, Lee JH. Effect of muscularity and fatty infiltration of paraspinal muscles on outcome of lumbar interbody fusion. *J Korean Med Sci*. 2023; 38: e151. Available in: <https://doi.org/10.3346/jkms.2023.38.e151>
- Khan AB, Weiss EH, Khan AW, Omeis I, Verla T. Back muscle morphometry: effects on outcomes of spine surgery. *World Neurosurg*. 2017; 103: 174-179. Available in: <https://doi.org/10.1016/j.wneu.2017.03.097>
- D'hooge R, Cagnie B, Crombez G, Vanderstraeten G, Dolphens M, Danneels L. Increased intramuscular fatty infiltration without differences in lumbar muscle cross-sectional area during remission of unilateral recurrent low back pain. *Man Ther*. 2012; 17: 584-588. Available in: <https://doi.org/10.1016/j.math.2012.06.007>
- Haffer H, Muellner M, Chiapparelli E, Dodo Y, Camino-Willhuber G, Zhu J, et al. Georg Schmorl Prize of the German Spine Society (DWG) 2023: the influence of sarcopenia and paraspinal muscle composition on patient-reported outcomes: a prospective investigation of lumbar spinal fusion patients with 12-month follow-up. *Eur Spine J*. 2024; 33: 1737-1746. Available in: <https://doi.org/10.1007/s00586-024-08268-9>
- Kjaer P, Bendix T, Sorensen JS, Korsholm L, Leboeuf-Yde C. Are MRI-defined fat infiltrations in the multifidus muscles associated with low back pain? *BMC Med*. 2007; 5: 2. Available in: <https://doi.org/10.1186/1741-7015-5-2>
- Jun HS, Kim JH, Ahn JH, Chang IB, Song JH, Kim TH, et al. The effect of lumbar spinal muscle on spinal sagittal alignment. *Neurosurgery*. 2016; 79: 847-855. Available in: <https://doi.org/10.1227/neu.0000000000001269>
- Teichtahl AJ, Urquhart DM, Wang Y, Wluka AE, Wijethilake P, O'Sullivan R, et al. Fat infiltration of paraspinal muscles is associated with low back pain, disability, and structural abnormalities in community-based adults. *Spine J*. 2015; 15: 1593-1601. Available in: <https://doi.org/10.1016/j.spinee.2015.03.039>
- Han G, Zou D, Liu Z, Zhang B, Gong C, Zhou S, et al. Fat infiltration of paraspinal muscles as an independent risk for bone nonunion after posterior lumbar interbody fusion. *BMC Musculoskelet Disord*. 2022; 23: 232. Available in: <https://doi.org/10.1186/s12891-022-05178-z>
- Gaddikeri MB, Nene A, Patel P, Bamb H, Bhaladhare S. Sarcopenia and its effects on outcome of lumbar spine surgeries. *Eur Spine J*. 2024; 33: 1369-1380. Available in: <https://doi.org/10.1007/s00586-024-08155-3>
- Zhao Y, Huang M, Serrano Sosa M, Cattell R, Fan W, Li M, et al. Fatty infiltration of paraspinal muscles is associated with bone mineral density of the lumbar spine. *Arch Osteoporos*. 2019; 14: 99. Available in: <https://doi.org/10.1007/s11657-019-0639-5>
- Kim JB, Park SW, Lee YS, Nam TK, Park YS, Kim YB. The effects of spinopelvic parameters and paraspinal muscle degeneration on S1 screw loosening. *J Korean Neurosurg Soc*. 2015; 58: 357-362. Available in: <https://doi.org/10.3340/jkns.2015.58.4.357>

15. Charest-Morin R, Street J, Zhang H, Roughead T, Ailon T, Boyd M, et al. Frailty and sarcopenia do not predict adverse events in an elderly population undergoing non-complex primary elective surgery for degenerative conditions of the lumbar spine. *Spine J.* 2018; 18: 245-254. Available in: <https://doi.org/10.1016/j.spinee.2017.07.003>
16. Akbik OS, Al-Adli N, Pernik MN, Hicks WH, Hall K, Aoun SG, et al. A comparative analysis of frailty, disability, and sarcopenia with patient characteristics and outcomes in adult spinal deformity surgery. *Global Spine J.* 2023; 13: 2345-2356. Available in: <https://doi.org/10.1177/21925682221082053>
17. Seo YG, Park WH, Lee CS, Kang KC. Lumbar extensor muscle size and isometric muscle strength in women with symptomatic lumbar degenerative diseases. *Asian Spine J.* 2018; 12: 943-950. Available in: <https://doi.org/10.31616/asj.2018.12.5.943>

Conflicto de intereses: la elaboración de este trabajo no tiene implicaciones personales, económicas o institucionales; lo que implica que no existe conflicto de intereses.



Abril-Junio 2025
Vol. 3, núm. 2 / pp. 97-106

Recibido: 10 de Diciembre de 2024
Aceptado: 15 de Enero de 2025

doi: 10.35366/119619



Moldeamiento de barras usando la clasificación de Roussouly en enfermedad degenerativa lumbar del adulto de segmento largo: reporte de caso y revisión de la literatura

Contoured rods using Roussouly classification in adult long-segment lumbar degenerative disease: a case report and literature review

Sergio Díaz Bello,^{*,†} Jesús Alberto Pérez Contreras,^{*,§} Diana Chávez Lizárraga,^{*,¶}
Pedro Arnulfo Chavira Ramos,^{*,||} Ricardo Axel Gómez López,^{*,**}
Ana Sofía Peña Blesa,^{*,##} Emmanuel Cantú Chávez,^{*,§§}

Palabras clave:
Roussouly, barras,
moldeamiento, deformidad
lumbar, equilibrio sagital.

Keywords:
*Roussouly, rods, contoured,
lumbar deformity,
sagittal balance.*

* Hospital Ángeles. México.
† Neurocirugía y Cirugía de Columna.
ORCID: 0009-0005-2350-8565
§ Neurocirugía y Cirugía de Columna.
ORCID: 0000-0001-8641-2150
¶ Medicina General e Investigación.
ORCID: 0009-0009-4931-2041
|| Traumatología y Ortopedia,
Cirugía de Columna. ORCID:
0009-0000-0909-7476
** Neurocirugía y Cirugía de
Columna.
ORCID: 0009-0005-0758-0911
Anestesia y Medicina del Dolor.
ORCID: 0009-0008-0519-3354
§§ Neurocirugía y Cirugía de
Columna. ORCID: 0009-
0000-6553-6840

Correspondencia:
Diana Chávez Lizárraga
E-mail: diancha@gmail.com

RESUMEN

Introducción: en cirugía de deformidad de columna vertebral se realiza el moldeado manual de las barras espinales. La mayoría de las veces no es preciso, objetivo ni reproducible. **Objetivo:** moldeamiento de la barra adaptado al tipo sagital específico de cada paciente de acuerdo con Roussouly y colaboradores. **Material y métodos:** los autores realizaron una búsqueda utilizando las bases de datos MEDLINE, PubMed y Google Scholar de la literatura disponible hasta el 2024, utilizando los siguientes términos: “Roussouly”, “barras”, “moldeamiento”, “deformidad lumbar”, “equilibrio sagital”. Luego, crearon pautas operativas para proponer una técnica diferente a las existentes, se puso en práctica con un caso clínico. **Resultados:** según la literatura revisada, los autores definieron los siguientes aspectos a considerar en un moldeamiento de barra espinal basados en: radiografías preoperatorias y transoperatorias, número de vértebras lordóticas, ápex de la curva lumbar y la transición toracolumbar objetiva para un Roussouly (definido por incidencia pélvica y pendiente sacra). Se realizó cirugía para corrección de deformidad coronal y sagital, se moldearon dos barras de cromo-cobalto basados en las características descritas. En la toma de medidas postoperatorias se obtuvo lordosis ideal para la incidencia pélvica y un moldeamiento de barra acorde a la morfología (Roussouly tipo 4) del paciente. **Conclusión:** el método planteado no se ha descrito en lo revisado de la literatura hasta el momento y otorga ventaja respecto a otras técnicas descritas, al contar con una referencia imagenológica preoperatoria y transoperatorias nos ayuda a adaptarlo al tipo ideal de columna.

ABSTRACT

Introduction: manual contoured spine rods is performed in spinal deformity surgery. Most of the time it is not precise, objective or reproducible. **Objective:** contoured rods adapted to the specific sagittal type

Citar como: Díaz BS, Pérez CJA, Chávez LD, Chavira RPA, Gómez LRA, Peña BAS, et al. Moldeamiento de barras usando la clasificación de Roussouly en enfermedad degenerativa lumbar del adulto de segmento largo: reporte de caso y revisión de la literatura. *Cir Columna*. 2025; 3 (2): 97-106. <https://dx.doi.org/10.35366/119619>



of each patient according to Roussouly et al. **Material and methods:** the authors performed research using the MEDLINE, PubMed and Google Scholar databases for the literature available until 2024, using the following terms: “Roussouly”, “Rods”, “contoured”, “Lumbar deformity”, “sagittal balance”. Then, they created operational guidelines to propose a new and different technique which was put into practice with a clinical case. **Results:** according to the literature reviewed, the authors defined the following aspects to consider for contoured spine rods based on preoperative and intraoperative radiographs: number of lordotic vertebrae, apex of the lumbar curve and the objective thoracolumbar transition for a Roussouly (defined by pelvic incidence and sacral slope). Surgery was performed to correct coronal and sagittal deformity, 2 chrome-cobalt rods were contoured based on the characteristics described. In the postoperative measurements, ideal lordosis was obtained for the pelvic incidence and contoured rods according to the morphology (Roussouly type 4) of the patient. **Conclusion:** the proposed method has not been described in the literature reviewed to date and provides an advantage over other described techniques, as having a preoperative and transoperative imaging reference it helps us to adapt it to the ideal type of spine.

Abreviaturas:

ASD = deformidad espinal del adulto (*Adult Spinal Deformity*)
 CoCr = cobalto-cromo
 DJF = falla de la unión distal (*Distal Joint Failure*)
 EVA = escala visual analógica
 GAP score = puntuación de alineación y proporción global (*Global Alignment and Proportion score*)
 LL = lordosis lumbar.
 PI-LL = incidencia pélvica menos lordosis lumbar (*Pelvic Incidence minus Lumbar Lordosis*)
 PJK = cifosis de la unión proximal (*Proximal Junctional Kyphosis*)
 PT = inclinación pélvica (*Pelvic Tilt*)
 SVA = eje vertical sagital (*Sagittal Vertical Axis*)

INTRODUCCIÓN

El equilibrio sagital es la base de la planificación preoperatoria en la deformidad espinal del adulto (ASD, por sus siglas en inglés). Los datos de la literatura han informado ampliamente sobre el impacto positivo de la realineación sagital en términos de puntuaciones de calidad de vida relacionada con la salud.¹

A pesar del desarrollo en las últimas décadas de herramientas específicas (barras, tornillos e implantes intervertebrales) y técnicas quirúrgicas (osteotomías), una gran proporción de pacientes permanecen subcorregidos después de la cirugía.² Un paso final en el manejo quirúrgico de estos pacientes es el doblado manual de las barras espinales, que la mayoría de las veces no es preciso ni reproducible.

Ya se ha publicado el uso de barras específicas para el paciente (PSR) utilizando software específicos y moldes con el fin de cambiar la planificación preoperatoria en una realidad postoperatoria y que han demostrado estar asociados a una mejor corrección de la deformidad, un menor riesgo de rotura de la varilla y una reducción del tiempo operatorio.³⁻⁵ Sin embargo, los resultados aún no dan a conocer un consenso sobre qué técnica es la más reproducible.

Los parámetros espinopélvicos, en especial la incidencia pélvica y la pendiente sacra, proporcionan la base para los tipos de columna descritas por Roussouly;⁶ sin embargo, para adaptar mejor la base anatómica de la clasificación es imperativo tomar en cuenta el número de vértebras lordóticas, la localización del ápex y la transición toracolumbar.⁷

Los tipos de columna lumbar de acuerdo con Roussouly, se ha vuelto un objetivo quirúrgico en cirugía de columna para disminuir el riesgo complicaciones mecánicas y reintervenciones,^{8,9} una imagen fidedigna, específica y reproducible de cada paciente para conocer de forma (número de vértebras lordóticas, ápex, transición, incidencia pélvica y pendiente sacra) es el estudio de rayos X preoperatorio y transoperatorio al que consideramos se debería adaptar el manejo de las barras después de realizar osteotomías o colocación de un soporte anterior.¹⁰

Por lo tanto, el objetivo de este estudio fue revisar la literatura disponible para moldear las barras espinales y proponer una técnica diferente adaptado al equilibrio sagital ideal individual de acuerdo con los tipos de columna lumbar descritos por Roussouly y colaboradores basados en plantillas de rayos X específicos del paciente preoperatorias y transoperatorias, así como analizar los resultados radiográficos.

MATERIAL Y MÉTODOS

Se realizó una búsqueda utilizando las bases de datos MEDLINE, PubMed y Google Scholar de la literatura disponible hasta el 2024, utilizando los siguientes términos: “Roussouly”, “barras”, “moldeamiento”, “deformidad lumbar”, “equilibrio sagital”. Luego, crearon pautas operativas para proponer una técnica diferente a las existentes, se puso en práctica con un caso clínico.

Sólo se incluyeron artículos en idioma inglés de la población adulta. Se excluyeron los estudios relacionados con cirugía de columna tumoral o infecciosa.

Para ejemplificar la aplicabilidad de la técnica propuesta, presentamos el caso de una mujer de 68 años. Desde hace tres años sufría dolor lumbar mecánico de inicio progresivo que se manifestaba con limitación de la flexión y extensión lumbar; posteriormente se agregaron datos de radiculopatía bilateral y dificultada para deambular más de 250 metros.

Un año después presentó deformidad en cifosis (*Figura 1A*), y escoliosis (*Figura 1B*). Fue manejada con tratamiento conservador durante 12 meses consistente en antiinflamatorios no esteroideos orales, faja lumbar semirrígida y fisioterapia. Dicho tratamiento no alivió el dolor, lo que afectó gravemente su calidad de vida.

La paciente obtuvo una puntuación de 9 en la escala visual analógica (EVA) de 10 puntos y una escala de Oswestry de 64%. En la exploración física se encontró postura en cifosis con pérdida de lordosis lumbar, datos de radiculopatía L4, L5 y S1 bilateral y claudicación neurógena.

Evaluación preoperatoria

Las radiografías simples mostraron pérdida de la lordosis lumbar L1-L4 (12°), incidencia pélvica 67° , pendiente sacra 46° , inclinación pélvica 21.3° , lo que dio a conocer una clasificación tipo 4 de Roussouly. Presentó una lordosis lumbar de 48.5° , incidencia pélvica menos lordosis lumbar 18.8° , ángulo de Cobb en 30.6° y curva fraccional de 13° , cifosis T1-T12 en 34.6° , SVA 80 mm, ángulo pélvico de T1 29° y una inclinación global de 42° , dando como resultado un GAP score de 6 puntos; además, se dilucido un ápex de la curvatura coronal en L3 y un acuñamiento vertebral en T9 en la radiografía panorámica sagital (*Figura 2*).

Las radiografías dinámicas mostraron signos de inestabilidad L4-L5 y L5-S1. La resonancia magnética mostró signos de degeneración disco lumbar L2-L3 Pfirmann V, L3-L4, L4-L5 y L5-S1 Pfirmann IV, hernia discal con compresión foraminal y central L3-L5, L4-L5 y L5-S1 bilateral de predominio izquierdo, así como severa degeneración facetaria bilateral (*Figura 3*).

El diagnóstico final fue deformidad espinal del adulto (ASD) con desalineación coronal y sagital. Debido al desequilibrio sagital y coronal, así como el impacto en la función y la calidad de vida de la paciente, se planteó manejo quirúrgico para reestablecer la alineación sagital y coronal con una fijación larga y soporte anterior en los segmentos inestables, creando barras específicas usando el estudio de rayos X preoperatorio y transoperatorio como molde.

RESULTADOS

De acuerdo con la literatura revisada, los autores definieron los siguientes aspectos a considerar en un moldeamiento de barra espinal basados en: radiografías preoperatorias y transoperatorias, número de vértebras lordóticas, ápex de la curva lumbar y la transición toracolumbar objetiva para un Roussouly (definido por incidencia pélvica y pendiente sacra).

Se realizó cirugía híbrida con apoyo fluoroscópico realizando cirugía de mínima invasión con un miniabordaje anterior a la columna lumbar L4-L5 y L5-S1 (mini ALIF) colocando dos implantes intervertebrales de 10 y 12° grados, respectivamente, y tornillos percutáneos T3-T12. Cirugía abierta L1-S2 para realizar una osteotomía de sustracción pedicular en el ápex de la curva coronal (L3) y osteotomías de Smith-Petersen en L2 y L4, así como tornillos colocados a mano alzada de L1 a S2-alares (*Figura 4*).

Los autores definen la técnica de moldeamiento de barras propuesta con el siguiente paso a paso (*Figura 5*):



Figura 1: **A)** Postura en cifosis con caída de la plomada por delante del tobillo. **B)** Postura en escoliosis con caída de la plomada hacia la concavidad, con elevación compensatoria del hombro y flexión de la rodilla ipsilateral.

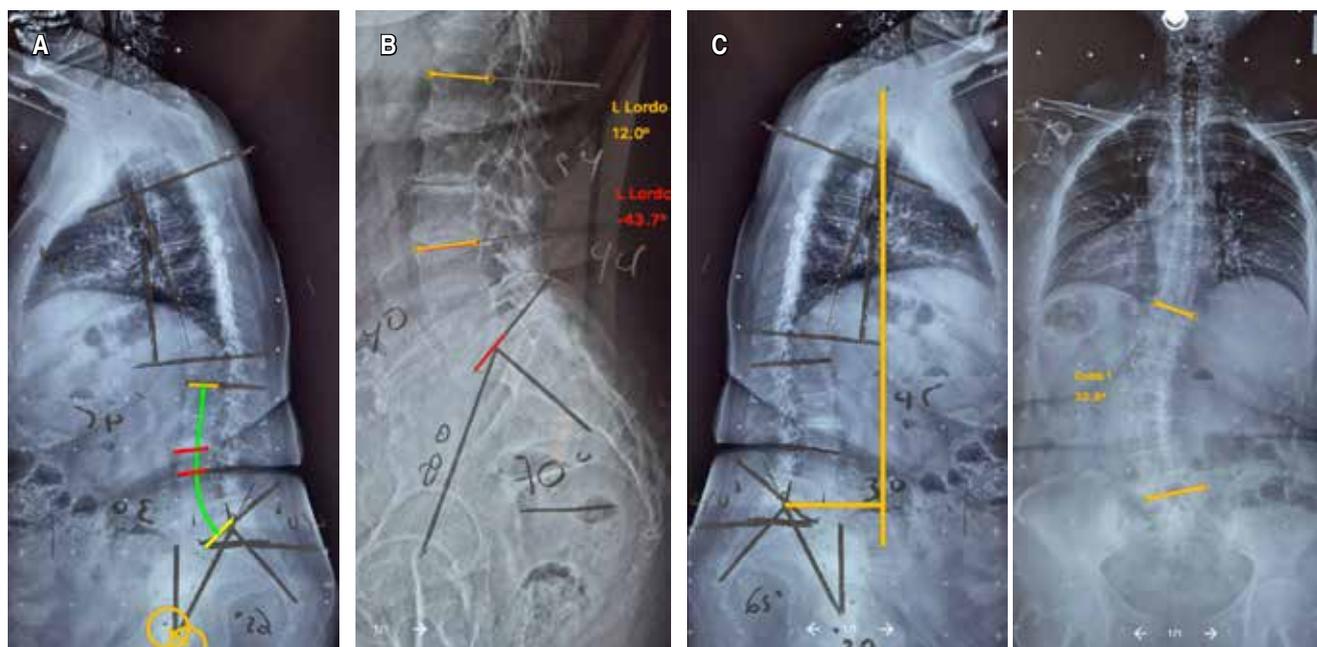


Figura 2: **A)** Radiografía de columna lumbar donde se muestran los parámetros espinopélvicos con incidencia pélvica alta (70°), sin retroversión pélvica (descompensación) y una PI-LL mayor de 10°. **B)** Se muestra la mala distribución de la lordosis con hiperlordosis en segmentos L4-S1 e hipolordosis en L1-L4. **C)** Se muestran los globales con el eje vertical sagital positivo a 60 mm del borde posterosuperior de S1 y un ángulo de Cobb mayor de 32° con el ápex de la curva coronal en L3.

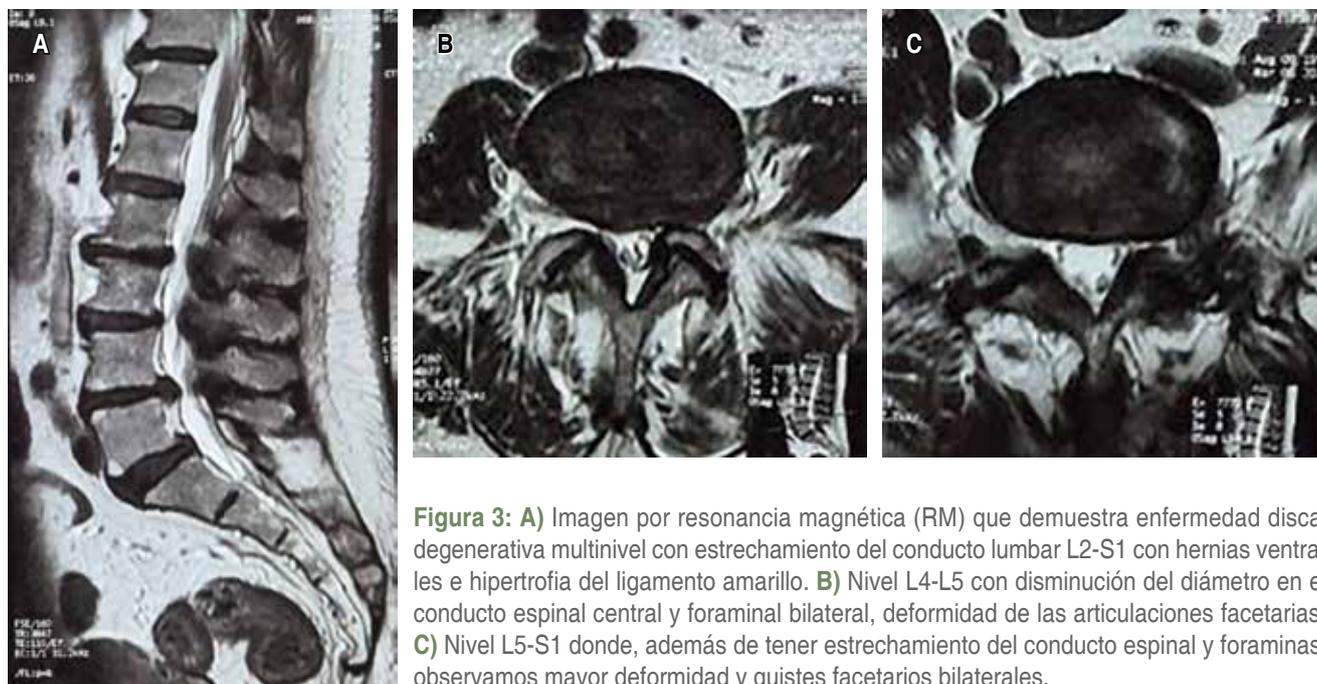


Figura 3: **A)** Imagen por resonancia magnética (RM) que demuestra enfermedad discal degenerativa multinivel con estrechamiento del conducto lumbar L2-S1 con hernias ventrales e hipertrofia del ligamento amarillo. **B)** Nivel L4-L5 con disminución del diámetro en el conducto espinal central y foraminal bilateral, deformidad de las articulaciones facetarias. **C)** Nivel L5-S1 donde, además de tener estrechamiento del conducto espinal y foraminas, observamos mayor deformidad y quistes facetarios bilaterales.



Figura 4: **A)** Moldeo inicial de las barras durante la cirugía de deformidad espinal del adulto. Usamos la radiografía preoperatoria para adaptar el ápex de mayor lordosis de las barras; en este caso L3 (señalado con el dedo) al ser una columna tipo 4 de Roussouly. **B)** Moldeo preliminar de la barra, usando como molde el estudio preoperatorio, dejando una barra con lordosis en las cinco vértebras lumbares con un ápex en L3 y con una transición T11-T9 específica del paciente. **C)** Moldeo final de las barras con apoyo de fluoroscopia para adaptar la barra a la anatomía espinal después de realizar osteotomías y colocación de implantes intervertebrales.

1. Realizar mediciones de los estudios lumbares preoperatorios para reconocer el tipo de morfología de acuerdo con lo clasificado por Roussouly y colaboradores. Se planean las diferentes técnicas quirúrgicas para llevar al paciente a sus parámetros ideales de pendiente sacra, número de vértebras lordóticas, ápex de la curva lumbar y la transición toracolumbar respetando su incidencia pélvica.
2. Efectuar el plan quirúrgico usando el estudio radiográfico preoperatorio como base durante la cirugía para lograr la morfología de Roussouly (osteotomías, colocación de implantes, etcétera).
3. Como paso final, después de realizar osteotomías (en casos necesarios), colocar implantes intersomáticos (en casos necesarios) y tornillos. Se utilizan rayos X transoperatorios, colocando el fluoroscopio lo más cercano al paciente, para tener una visión panorámica y una base más fidedigna del número de vértebras lordóticas, ápex de la curva de la barra y la transición toracolumbar objetivo de Roussouly específico del paciente.
4. Se cubre con bolsas estériles el fluoroscopio transquirúrgico y, después de medir la longitud de barra requerida, se acopla la barra a la pantalla del fluoroscopio para obtener la altura de los ángulos requeridos en los siguientes niveles:
 - a. Angulación de la barra máxima en el ápex de la curva requerido.

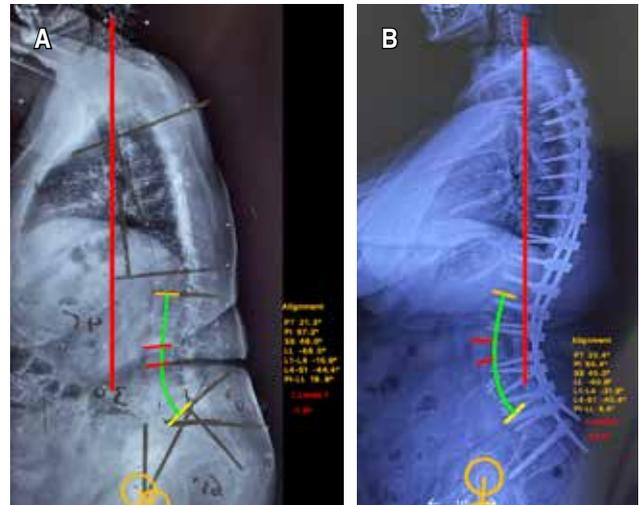


Figura 5: **A)** Radiografía panorámica preoperatoria que ejemplifica el desalineamiento sagital con leve retroversión pélvica, desproporción de la incidencia pélvica y la lordosis lumbar, así como el marcado SVA de más de 50 mm (80 mm). **B)** Radiografía panorámica postoperatoria que demuestra los objetivos alcanzados con el plan quirúrgico: disminución del SVA a neutro, adecuada proporción PI-LL y disminución del PT con un ápex, transición y número de vértebras lordóticas compatibles con un tipo de Roussouly tipo IV.

- b. Menor angulación de la barra en el número de vértebras requerido de acuerdo con Roussouly que van desde tres, cinco, seis y a hasta nueve

- vértex lordóticos, dependiendo del tipo 1, 2, 3 o 4, respectivamente.
- c. Detener la angulación de la barra en el inicio de la transición toracolumbar requerida.
- d. Corroborar la adecuación del moldeado sobre los tornillos usando fluoroscopia transoperatoria.

El método se realizó bajo una declaración de privacidad estándar para el paciente de que su información se utilizará para la evaluación continua de los resultados y su identidad estará protegida en cualquier publicación que surja de esto. Se obtuvo el consentimiento informado escrito y verbal.

El tiempo operatorio total fue de 6.5 horas y la pérdida de sangre fue de 1,500 ml. La función neurofisiológica del paciente se mantuvo intacta durante el procedimiento y también neurológicamente después de la operación.

Resultados quirúrgicos y seguimiento

Al mes de la cirugía, la EVA se mantuvo en 3/10, con un índice de discapacidad en la escala de Oswestry en 10% y por debajo de 4 puntos en la escala de Roland-Morris. Se registraron los siguientes parámetros radiológicos postquirúrgicos: SVA 2 mm, lordosis lumbar (LL) 60°, incidencia pélvica menos lordosis lumbar (PI-LL) 4.4°, inclinación pélvica (PT) 20.4°, Cobb 7.7° con escala GAP score 2 (Tabla 1 y Figuras 5 a 7).

DISCUSIÓN

En cirugía de deformidad espinal las principales complicaciones están en relación con pseudoartrosis y fallo mecánico adyacente ya sea proximal o distal. Esto puede estar asociado a una falta de planificación

quirúrgica o un problema durante la ejecución del procedimiento quirúrgico; por lo tanto, es importante comprender los mecanismos compensatorios relacionados con la deformidad y los que pueden ocurrir después de la corrección quirúrgica.¹¹

El SVA, PI-LL y PT son parámetros espinopélvicos críticos que se utilizan para evaluar los mecanismos compensatorios, la gravedad, el plan quirúrgico y el pronóstico en ASD. No alcanzar valores de SVA < 40-50 mm, PT < 20° y PI-LL < 10° se ha correlacionado con complicaciones mecánicas significativas como cifosis de la unión proximal (PJK) o pseudoartrosis, mientras que obtener la alineación apropiada se correlaciona con una mejora del resultado del paciente.¹²⁻¹⁴

Para lograr estos parámetros, se puede utilizar una variedad de osteotomías intraoperatoriamente e implantes planeados preoperatoriamente con software de los que ya se cuenta con información del aporte a la mejoría de la deformidad. El siguiente paso, muchas veces subvalorado en la corrección y el mantenimiento de la deformidad específica del paciente, sería colocar barras que coincidan con la corrección sagital planificada para garantizar la alineación adecuada.¹⁵

En nuestra práctica diaria, hemos observado que las barras espinales utilizadas para la fijación posterior toracolumbar generalmente se fabrican rectas y se doblan manualmente durante la cirugía y que esta flexión manual muchas veces está basada en la experiencia individual de cada cirujano, lo que puede condicionar una corrección insuficiente o excesiva de la deformidad, o bien la rotura de la varilla.

Las varillas específicas para el paciente acopladas con software de planificación preoperatoria ya se han estudiado previamente con un éxito moderado en la consecución de correcciones planificadas. Barton y colegas utilizaron varillas específicas para el paciente

Tabla 1: Parámetros de alineamiento sagital y coronal con impacto en la calidad de vida asociados con la salud pre y postoperatorios. Se documenta la adecuada corrección con base en los objetivos quirúrgicos preoperatorios.

Parámetro radiográfico	Preoperatorio	Postoperatorio	Corrección quirúrgica
SVA (mm)	80.0	2.0	78.0
LL (°)	48.0	60.0	12.0
PI-LL (°)	18.0	4.4	13.6
PT (°)	21.3	20.4	0.9
Cobb (°)	30.6	7.7	22.9
GAP score (puntos)	6.0	2.0	4.0

Cobb = ángulo de Cobb. GAP score = puntuación de alineación y proporción global (*Global Alignment and Proportion score*). LL = lordosis lumbar. PI-LL = incidencia pélvica menos lordosis lumbar (*Pelvic Incidence minus Lumbar Lordosis*). PT = inclinación pélvica (*Pelvic Tilt*). SVA = eje vertical sagital (*Sagittal Vertical Axis*).

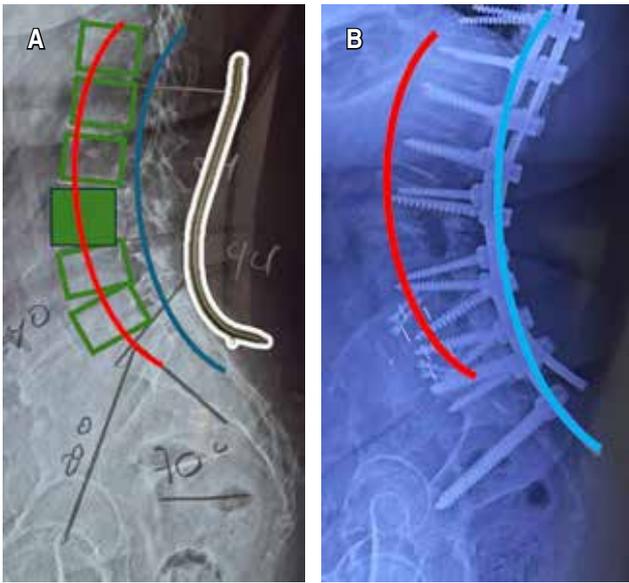


Figura 6: Representación esquemática de un moldeado ideal de acuerdo al tipo 4 de Roussouly usando como molde la radiografía preoperatoria de nuestra paciente. En contorno verde, el número de vértebras lumbares que deberían tener lordosis para adaptarse a la curva de la barra y que serán corregidas durante la cirugía. En relleno verde, la vértebra ápex para el tipo de columna (4) que debe mantenerse durante la corrección quirúrgica. En azul, la forma y localización de la barra ideal. En café, la forma de una barra moldeada sin usar un molde radiográfico en el que observamos lordosis sólo en los segmentos inferiores y una transición toracolumbar baja incompatible con un tipo de Roussouly 4. Estudio radiográfico final donde observamos la forma y características similares al plan operatorio usando moldes radiográficos pre y transoperatorios como fue descrito.

y tuvieron un nivel de éxito similar. Sus parámetros preoperatorios y planificados fueron significativamente diferentes, mientras que sus parámetros postoperatorios y planificados no mostraron ninguna disparidad.^{4,16} Esto nos llamó la atención, ya que probablemente usar un software no sea la mejor manera de comprender la corrección de la deformidad debido a que técnicamente correcciones intraoperatorias pueden variar por múltiples motivos y pueden modificar el plan preoperatorio, pero conservando el objetivo final.

En la sala de operaciones, las varillas se doblan manualmente utilizando dobladores franceses, lo que puede causar una flexión excesiva o insuficiente de las varillas y conducir a una mala alineación. Estudios recientes han informado que la flexión inadecuada

(excesiva o insuficiente) de las varillas espinales puede afectar la alineación espinopélvica postoperatoria, lo que conduce a resultados inferiores para el paciente debido a que el contorno adecuado de la varilla es vital para lograr realineaciones objetivo tanto globales como regionales, lo que refuerza la importancia del doblado de la varilla intraoperatoria.^{17,18}

Dehghani Firoozabadi MJ y asociados describieron que cuando se pidió a los cirujanos de columna que doblaran las varillas sin una plantilla de referencia (moldeo impreso en 3D), hubo una variación considerable en los ángulos, especialmente a medida que los ángulos objetivo disminuyeron para la corrección. Sin embargo, cuando los cirujanos realizaron el doblado *in situ* con un molde sin conocer los ángulos, la diferencia en los ángulos fue menos significativa y la varilla se dobló cerca de los ángulos objetivo.¹⁹ Por lo tanto, tener un molde de referencia usando parámetros espinopélvicos y el conocimiento de los tipos de columna lumbar probablemente sea una estrategia accesible. Nuestro método emplea un molde radiográfico basado en los siguientes aspectos.

1. Usando las medidas radiográficas de IP y SS podemos situarnos en el tipo de columna descrito por Roussouly.
2. Sin importar la deformidad, el molde radiográfico nos ayuda a saber el número y el nivel de vértebras lordóticas que debería tener dicha columna patológica de acuerdo al tipo de columna clasificado.

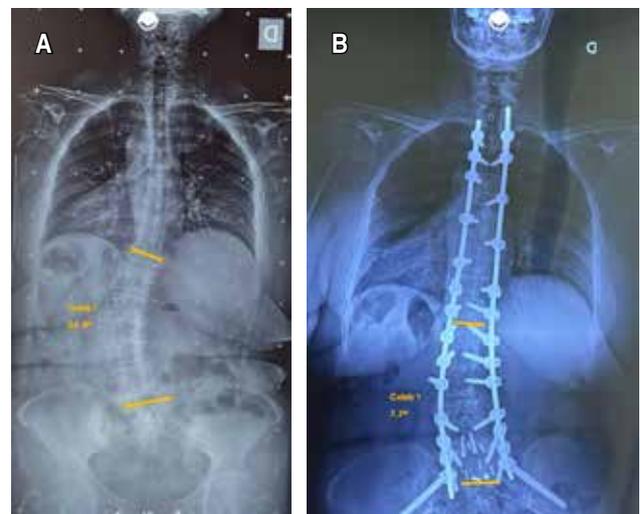


Figura 7: Estudio comparativo preoperatorio (A) y postoperatorio (B) donde observamos la restauración del alineamiento coronal con la técnica de moldeado de barra individualizado transoperatorio.

3. El molde radiográfico nos ayuda a saber el nivel de ápex vertebral que debería tener dicha columna patológica de acuerdo al tipo de columna clasificado y así apuntar el máximo dobléz de la barra de una manera más objetiva.
4. El molde radiográfico, al ser una imagen semejante en medida anatómica vertebral, nos ayuda a saber el nivel de transición toracolumbar y, por tanto, en qué nivel deberíamos hacer el cambio de lordosis lumbar a cifosis torácica.
5. El molde radiográfico transoperatorio nos ayuda a modificar el nivel de números de vértebras lordóticas y ápex en caso de cambios de altura con implantes intervertebral, o bien empleo de osteotomías.
6. Si tomamos en cuenta todo esto, potencialmente podríamos estandarizar la técnica de moldeado de barras que constituye uno de los pasos finales de la cirugía en ASD.

Nuestro estudio investiga más a fondo las correlaciones entre los factores del cirujano y la precisión en la flexión de la varilla usando parámetros radiográficos y descripciones de los tipos de columna vertebral lumbar, debido a que ya se ha referido una correlación novedosa con los años de experiencia y el campo de práctica, los cirujanos con más de cinco años de experiencia han mostrado una mejor precisión en la flexión de la varilla.¹⁹⁻²¹

Durante un seguimiento postoperatorio, nuestro estudio mostró que los parámetros sagitales SVA (1 mm) y PI-LL (4.4°) pero no PT (20.3°), utilizando nuestra técnica mejoraron con respecto al valor inicial. Solla y colaboradores siguieron a 60 pacientes durante 12 meses y encontraron mejoras significativas de PI-LL después de la operación, pero ninguna en SVA y PT. PI-LL fue < 10° al inicio en 29/60 casos y mejoró a 50/60 pacientes en el seguimiento.²⁰ De manera similar, Prost y asociados siguieron a 43 pacientes con rehabilitación de la escoliosis con patrón específico (PSSR) durante tres meses con PT no corregido significativamente después de la operación; sin embargo, hubo una disminución estadísticamente significativa en SVA (46%) y PI-LL (60%) en el seguimiento.² Nuestro seguimiento es en corto plazo, por lo que esperamos contar con una serie de caso en los próximos años para comparar nuestros resultados y ver el verdadero poder de la técnica.

Con respecto al material de las barras utilizadas, Shega y su grupo revisaron sistemáticamente 11 estudios que comparaban varillas de titanio con varillas de cobalto-cromo; encontraron que el CoCr era mejor que la varilla de titanio para la corrección efectiva de la

deformidad espinal y la estabilidad postoperatoria de la columna. Además, la incidencia de fractura de varilla fue mayor en las de titanio, pero la PJK ocurrió más con CoCr.²² Sin embargo, Bowden y colegas realizaron una revisión sistemática y no encontraron diferencias en los resultados postoperatorios o complicaciones al usar diferentes materiales o diámetros de varilla.¹⁶

Nuestra experiencia con la técnica se limita a usar CoCr por las propiedades correctivas en deformidad espinal.

Comprendemos la importancia de la colocación de tornillos pediculares posteriores para facilitar la colocación de la barra.²³ En nuestro caso se colocaron abiertos en los sitios de osteotomía y una técnica percutánea en los segmentos superiores. Esto optimizó la pérdida de sangre y la conservación de musculatura paravertebral. Por otro lado, la técnica abierta nos permitió realizar las osteotomías planeadas y un lecho de fusión para el injerto óseo posterolateral.

La fijación pélvica se realizó con tornillos S2AI para asegurar la alineación coronal de los tornillos S2AI con las barras precontorneadas, lo que obvia la necesidad de varillas de conexión para los tornillos iliacos colocados más lateralmente, además de sus ya conocidas ventajas con respecto a los tornillos iliacos.²⁴

Al describir nuestra técnica de moldeado de barras encontramos muchos avances en tecnologías de software. Nos motivó a proponerla el hecho de que los resultados con dichos softwares aún son inconsistentes, tal como encontraron Faulks CR y colaboradores, quienes señalan que se redujo la cifosis de la unión en comparación con la literatura (35%), pero se observó PJK con el tiempo. Se produjo falla de la unión distal (DJF) y se relacionó con la ausencia de cajas intercorporales en la unión lumbosacra.²³ Por lo que, en nuestro caso, decidimos colocar dos implantes por una vía lumbar anterior L4-L5 y L5-S1 y eliminar este factor reportado.

Por último, con la llegada de la planificación asistida por computadora, se pueden evaluar múltiples planes quirúrgicos, utilizando parámetros de alineación y seleccionar el mejor plan para cada paciente. Sin embargo, la capacidad para evaluar y medir los objetivos de corrección quirúrgica durante la operación aún es limitada.²⁵

CONCLUSIONES

La planificación preoperatoria es la base para un resultado quirúrgico exitoso y motivan al cirujano a seguir dicho plan y así evitar en la medida de lo posible

cambios que en realidad pueden ser necesarios para obtener una realineación sagital óptima.

La dificultad radica en las diferentes estrategias para convertir esa planificación en realidad postquirúrgica. La mayoría de los textos hablan de la planificación quirúrgica de acuerdo al tipo de implante u osteotomía a realizar y pocos autores han explorado el potencial de la técnica de colocación de barras específica.

Los resultados de este estudio preliminar confirman la viabilidad clínica del uso del moldeado de barras usando modelos radiográficos específicos de los pacientes en el tratamiento de la ASD, ya que actualmente no es aceptable confiar sólo a la intuición del cirujano para moldear las barras en el plano sagital. Los resultados postoperatorios mediatos son alentadores en lo que respecta a la alineación sagital.

Aunque se necesitarán más estudios para confirmar estos resultados preliminares, el uso de nuestra técnica de moldeado de barras puede ser un punto de inflexión en el tratamiento de la ASD. El conocimiento de los resultados a mediano y largo plazo posiblemente nos permitirá anticipar otros mecanismos compensatorios en ASD y puede ser una forma de disminuir las complicaciones mecánicas postoperatorias (falla de la unión proximal o rotura de las barras).

En el futuro, recomendamos realizar estudios biomecánicos para el desarrollo de dicho dispositivo de doblado de varillas.

AGRADECIMIENTOS

Agradecemos a la Universidad La Salle, nuestro aval universitario, y al Hospital Ángeles Pedregal, nuestra sede hospitalaria, por las facilidades para realizar este trabajo de investigación.

REFERENCIAS

1. Cerpa M, Lenke LG, Fehlings MG, Shaffrey CI, Cheung KMC, Carreon LY. Evolution and advancement of adult spinal deformity research and clinical care: an overview of the Scolio-RISK-1 study. *Glob Spine J.* 2019; 9: 8S-14S. doi: 10.1177/2192568219828729.
2. Prost S, Pesenti S, Farah K, Tropiano P, Fuentes S, Blondel B. Adult spinal deformities: can patient-specific rods change the preoperative planning into clinical reality? Feasibility study and preliminary results about 77 cases. *Adv Orthop.* 2020; 2020: 6120580. doi: 10.1155/2020/6120580.
3. Picton B, Stone LE, Liang J, et al. Patient-specific rods in adult spinal deformity: a systematic review. *Spine Deform.* 2024; 12: 577-585. doi: 10.1007/s43390-023-00805-8.
4. Barton C, Noshchenko A, Patel V, Kleck C, Burger E. Early experience and initial outcomes with patient-specific spine rods for adult spinal deformity. *Orthopedics.* 2016; 39: 79-86. doi: 10.3928/01477447-20160304-04.
5. Pivazyan G, Cobourn KD, Voyadzis JM, Sandhu FA. Use of computer navigation and robotics in adult spinal deformity. *Semin Spine Surg.* 2022; 34: 100988. doi: 10.1016/j.semss.2022.100988.
6. Roussouly P, Gollogly S, Berthonnaud E, Dimnet J. Classification of the normal variation in the sagittal alignment of the human lumbar spine and pelvis in the standing position. *Spine.* 2005; 30: 346-353. doi: 10.1097/01.brs.0000152379.54463.65.
7. Zhang G, Yang Y, Hai Y, Li J, Xie X, Feng S. Analysis of lumbar sagittal curvature in spinal decompression and fusion for lumbar spinal stenosis patients under Roussouly classification. *BioMed Res Int.* 2020; 2020: 8078641. doi: 10.1155/2020/8078641.
8. Bari TJ, Hansen LV, Gehrchen M. Surgical correction of Adult Spinal Deformity in accordance to the Roussouly classification: effect on postoperative mechanical complications. *Spine Deform.* 2020; 8: 1027-1037. doi: 10.1007/s43390-020-00112-6.
9. Sebaaly A, Gehrchen M, Silvestre C, et al. Mechanical complications in adult spinal deformity and the effect of restoring the spinal shapes according to the Roussouly classification: a multicentric study. *Eur Spine J.* 2020; 29: 904-913. doi: 10.1007/s00586-019-06253-1.
10. Goodwin ML, Buchowski JM, Sciubba DM. Why X-rays? The importance of radiographs in spine surgery. *Spine J.* 2022; 22: 1759-1767. doi: 10.1016/j.spinee.2022.07.102.
11. El Rahal A, Solla F, Fiere V, Toquart A, Barrey CY. Sagittal balance and preoperative planning. In: Meyer B, Rauschmann M, Eds. *Spine surgery: a case-based approach.* Springer International Publishing; 2019. pp. 447-458. doi: 10.1007/978-3-319-98875-7_54
12. Schwab F, Patel A, Ungar B, Farcy JP, Lafage V. Adult spinal deformity-postoperative standing imbalance: how much can you tolerate? An overview of key parameters in assessing alignment and planning corrective surgery. *Spine.* 2010; 35: 2224-2231. doi: 10.1097/BRS.0b013e3181ee6bd4.
13. Le Huec JC, Cogniet A, Demezon H, Rigal J, Saddiki R, Aunoble S. Insufficient restoration of lumbar lordosis and FBI index following pedicle subtraction osteotomy is an indicator of likely mechanical complication. *Eur Spine J.* 2015; 24 Suppl 1: S112-S120. doi: 10.1007/s00586-014-3659-2.
14. Lafage V, Schwab F, Patel A, Hawkinson N, Farcy JP. Pelvic tilt and truncal inclination: two key radiographic parameters in the setting of adults with spinal deformity. *Spine.* 2009; 34: E599-E606. doi: 10.1097/BRS.0b013e3181aad219.
15. Sadrameli SS, Boghani Z, Steele III WJ, Holman PJ. Utility of patient-specific rod instrumentation in deformity correction: single institution experience.

- Spine Surg Relat Res. 2020; 4: 256-260. doi: 10.22603/ssrr.2019-0101.
16. Bowden D, Michielli A, Merrill M, Will S. Systematic review and meta-analysis for the impact of rod materials and sizes in the surgical treatment of adult spine deformity. *Spine Deform.* 2022; 10: 1265-1278. doi: 10.1007/s43390-022-00556-y.
 17. Sardi JP, Ames CP, Coffey S, et al. Accuracy of rod contouring to desired angles with and without a template: implications for achieving desired spinal alignment and outcomes. *Glob Spine J.* 2023; 13: 425-431. doi: 10.1177/2192568221998371.
 18. Zuckerman SL, Lai CS, Shen Y, et al. Incidence and risk factors of iatrogenic coronal malalignment after adult spinal deformity surgery: a single-center experience. *J Neurosurg Spine.* 2022; 36: 585-594. doi: 10.3171/2021.6.SPINE21575.
 19. Firoozabadi MJD, Zarei M, Mirzashahi B, et al. Assessment of rod bending accuracy for sagittal spinal deformity correction on 3D printed moulage. *Arch Neurosci.* 2022; 9 (3). doi: 10.5812/ans-129307.
 20. Solla F, Barrey CY, Burger E, Kleck CJ, Fiere V. Patient-specific rods for surgical correction of sagittal imbalance in adults: technical aspects and preliminary results. *Clin Spine Surg.* 2019; 32: 80-86. doi: 10.1097/BSD.0000000000000721.
 21. Solla F, Clément JL, Cunin V, Bertoncelli CM, Fiere V, Rampal V. Patient-specific rods for thoracic kyphosis correction in adolescent idiopathic scoliosis surgery: preliminary results. *Orthop Traumatol Surg Res.* 2020; 106: 159-165. doi: 10.1016/j.otsr.2019.07.027.
 22. Shega FD, Zhang H, Manini DR, Tang M, Liu S. Comparison of effectiveness between cobalt chromium rods versus titanium rods for treatment of patients with spinal deformity: a systematic review and meta-analysis. *Adv Orthop.* 2020; 2020: 8475910. doi: 10.1155/2020/8475910.
 23. Faulks CR, Biddau DT, Munday NR, McKenzie DP, Malham GM. Patient-specific spinal rods in adult spinal deformity surgery reduce proximal junctional failure: a review of patient outcomes and surgical technique in a prospective observational cohort. *J Spine Surg.* 2023; 9: 409-421. doi: 10.21037/jss-23-85.
 24. Ishida W, Elder BD, Holmes C, et al. Comparison between S2-alar-iliac screw fixation and iliac screw fixation in adult deformity surgery: reoperation rates and spinopelvic parameters. *Glob Spine J.* 2017; 7: 672-680. doi: 10.1177/2192568217700111.
 25. Ou-Yang D, Burger EL, Kleck CJ. Pre-operative planning in complex deformities and use of patient-specific UNiDTM instrumentation. *Glob Spine J.* 2022; 12: 40S-44S. doi: 10.1177/21925682211055096.

Conflicto de intereses: los autores declaran no tener ningún conflicto de intereses en este trabajo.



Abril-Junio 2025
Vol. 3, núm. 2 / pp. 107-112

Recibido: 10 de Enero de 2025
Aceptado: 28 de Enero de 2025

doi: 10.35366/119620



Variabilidad de los parámetros espinopélvicos en pacientes con patología crónica-degenerativa lumbar con manejo quirúrgico en un hospital de ortopedia de referencia

Variability of spinopelvic parameters in patients with chronic-degenerative lumbar pathology with surgical management in a reference orthopedic hospital

José Asael Tlapacoyoa-Leonides,^{*} Jorge Quiroz-Williams,^{*,§}
José Luis García-Navarro,^{*,¶} Suemmy Gaytán-Fernández,^{*,||}
Rodolfo Gregorio Barragán-Hervella,^{*,**} Gabriel Jiménez-Armenta[‡]

RESUMEN

Introducción: la deformidad de la columna en el adulto se ha convertido en una patología cuya frecuencia está en aumento por la tendencia a una vida más longeva en la población y a mantener el nivel de actividad de ésta. **Objetivo:** describir la variabilidad de los parámetros espinopélvicos en pacientes con patología crónica-degenerativa lumbar con manejo quirúrgico. **Material y métodos:** estudio observacional descriptivo de pacientes con espondiloartrosis y/o espondilolistesis degenerativa lumbar sometidos a cirugía ortopédica. Los pacientes fueron distribuidos en dos grupos: instrumentación + fusión (IF), y liberación radicular sin instrumentación (LSI). Se midieron incidencia pélvica (IP), inclinación sacra (SS), lordosis lumbar (LL), inclinación pélvica (PT) e incidencia pélvica menos lordosis lumbar (PI-LL) en la radiografía basal, al mes y seis meses postquirúrgicos. El análisis estadístico se realizó con t-Student. Valor estadísticamente significativo fue $p < 0.005$. **Resultados:** muestra 96 pacientes. A los seis meses de seguimiento (IF versus LSI), PI: 52.0 ± 10.1 versus 52.2 ± 14.7 ($p = 0.932$); SS: 34.1 ± 8.3 versus 32.7 ± 11.0 ($p = 0.533$); LL: 49.4 ± 13.5 versus 49.0 ± 13.2 ($p = 0.889$); PT: 17.89 ± 7.6 versus 9.4 ± 8.5 ($p = 0.402$); PI-LL: 2.58 ± 12.4 versus 3.26 ± 13.84 ($p = 0.833$). **Conclusiones:** los cambios en los parámetros espinopélvicos se observaron en ambos grupos, pero fueron mayores en el grupo LSI, aunque estadísticamente no fueron significativos.

Nivel de evidencia: III

ABSTRACT

Introduction: spinal deformity in adults has become a pathology whose frequency is increasing due to the tendency towards a longer life in the population, as well as to maintain the level of activity of the same. **Objective:** to describe the variability of spinopelvic parameters in patients with chronic-degenerative lumbar pathology with surgical management. **Material and methods:** observational, descriptive, retrospective

Citar como: Tlapacoyoa-Leonides JA, Quiroz-Williams J, García-Navarro JL, Gaytán-Fernández S, Barragán-Hervella RG, Jiménez-Armenta G. Variabilidad de los parámetros espinopélvicos en pacientes con patología crónica-degenerativa lumbar con manejo quirúrgico en un hospital de ortopedia de referencia. Cir Columna. 2025; 3 (2): 107-112. <https://dx.doi.org/10.35366/119620>



* Unidad Médica de Alta Especialidad Hospital de Traumatología y Ortopedia "Manuel Ávila Camacho", Instituto Mexicano del Seguro Social. Puebla, Puebla, México.
‡ Facultad de Medicina, Universidad Popular Autónoma del Estado de Puebla. Puebla, México.
ORCID:
§ 0000-0002-4025-9418
¶ 0000-0002-4847-3750
|| 0000-0003-3068-6181
** 0000-0002-5496-0221

Correspondencia:

Dr. Jorge Quiroz-Williams
E-mail: jorge.quirozw@imss.gob.mx
jquiwill@hotmail.com

and longitudinal study of patients with spondyloarthritis and/or degenerative lumbar spondylolisthesis undergoing orthopedic surgery. The patients were divided into two groups: instrumentation + fusion (IF), and without instrumentation + release (LSI). pelvic incidence (PI), sacral slope (SS), lumbar lordosis (LL), pelvic tilt (PT) and pelvic incidence minus lumbar lordosis (PI-LL) were measured on the baseline radiograph, at one and six months postoperatively. Statistical analysis was performed with Student's t-test. Statistically significant value was $p < 0.005$. **Results:** sample 96 patients. At six months follow-up (A versus B), PI: 52.0 ± 10.1 versus 52.2 ± 14.7 ($p = 0.932$); SS: 34.1 ± 8.3 versus 32.7 ± 11.0 ($p = 0.533$); LL: 49.4 ± 13.5 versus 49.0 ± 13.2 ($p = 0.889$); PT: 17.89 ± 7.6 versus 9.4 ± 8.5 ($p = 0.402$); PI-LL: 2.58 ± 12.4 versus 3.26 ± 13.84 ($p = 0.833$). **Conclusions:** changes in spinopelvic parameters were observed in both groups, but were greater in the non-instrumented release group, but were not statistically significant.

Level of evidence: III

Abreviaturas:

- IF = instrumentación más fusión
- LL = lordosis lumbar
- LSI = liberación radicular sin instrumentación transpedicular
- PI = incidencia pélvica (*Pelvic Incidence*)
- PI-LL = incidencia pélvica menos lordosis lumbar (*Pelvic Incidence minus Lumbar Lordosis*)
- PLF = fusión lumbar posterior (*Posterior Lumbar Fusion*)
- PLIF = fusión intercorporal lumbar posterior (*Posterior Lumbar Interbody Fusion*)
- PT = inclinación pélvica (*Pelvic Tilt*)
- PTP LIF = fusión intersomática lateral transpsoas prona (*Prone TransPsoas Lateral Interbody Fusion*)
- SS = inclinación sacra (*Sacral Slope*)

INTRODUCCIÓN

La deformidad de la columna en el adulto se ha convertido en una patología cuya frecuencia está en aumento por la tendencia a una vida más longeva en la población, así como a mantener el nivel de actividad de ésta. La deformidad puede producir un desbalance global que afecta significativamente la calidad de vida con dolor y discapacidad.^{1,2}

La incidencia de la deformidad en el adulto es de 60% en la población general, de los cuales 6% es sintomática. No hay una predominancia de género y el promedio de edad en búsqueda de atención médica por esta patología es en los sesenta años con rangos que alcanzan los inicios de los cincuenta años. Se estima que 80% de la población sufrirá lumbalgia a lo largo de su vida. En el proceso degenerativo lumbar se produce desgaste del disco vertebral relacionado con la edad y puede acelerarse por lesiones, factores de salud y estilo de vida, además de predisposición genética al dolor articular o trastornos musculoesqueléticos.^{1,2-5} Dentro del estilo de vida se incluye la tensión excesiva en la zona lumbar causada por la práctica de deportes o levantamiento frecuente de objetos pesados que generalmente es parte del trabajo del paciente, además de la tensión directa al disco al permanecer sentado por tiempo prolongado o a malas posturas al hacerlo.⁶⁻⁹ Se ha observado que

el proceso degenerativo podría provocar o acelerar la aparición de otros padecimientos de la columna como: estenosis espinal, artrosis de la columna, espondilolistesis y escoliosis.¹⁰⁻¹⁶ Por lo tanto, el objetivo de este estudio fue describir la variabilidad de los parámetros espinopélvicos en pacientes con patología crónica-degenerativa lumbar con manejo quirúrgico.

MATERIAL Y MÉTODOS

Se realizó un estudio observacional, descriptivo, transversal y retrospectivo. Fueron incluidos pacientes con diagnóstico de espondiloartrosis y/o espondilolistesis degenerativa lumbar, quienes fueron sometidos a liberación radicular, recalibrado, instrumentación transpedicular, discectomía, laminectomía y/o fusión posterolateral, fusión intersomática con caja/malla, recalibrado y/o instrumentación posterior durante los años 2020 a 2024 y con edad mayor a 50 años. Se excluyeron los pacientes con patología musculoesquelética traumática, metabólica, infecciosa u oncológica a nivel de columna lumbar.

Antes de la realización de la investigación, el presente estudio se sometió a aprobación ante los comités de investigación y ética en investigación, obteniéndose la autorización R-2024-2105-019.

La técnica de muestro fue no probabilístico de casos consecutivos, se estimó con una fórmula para la determinación de una proporción, la cual se realizó con auxilio del programa EPI INFO versión 7.2.0. Se calculó con el 95% del intervalo de confianza y con el poder estadístico de 80%.

Se efectuó una revisión de bases de datos del hospital, para la extracción de las características de la cirugía y variables demográficas y comorbilidades. Para la valoración de la asociación por tipo de procedimiento quirúrgico se realizó una división por grupos, considerando la instrumentación posterior, quedando dos grupos: instrumentación + fusión (IF) y liberación sin instrumentación (LSI).

En ambos grupos, se revisaron las radiografías laterales de columna lumbar tanto prequirúrgicas como al mes y seis meses de seguimiento postquirúrgico. En todas éstas se realizaron las mediciones radiográficas para determinar los parámetros espinopélvicos: incidencia pélvica (PI), inclinación sacra (SS), lordosis lumbar (LL), inclinación pélvica (PT), incidencia pélvica menos lordosis lumbar (PI-LL).

Para el análisis estadístico se utilizó la prueba t de Student. El valor que se consideró como estadísticamente significativo fue $p < 0.05$.

RESULTADOS

Se obtuvieron una muestra de 96 pacientes, de los cuales, 52.1% (n = 50) eran hombres y 47.9% (n = 46) eran mujeres. La media de edad fue de 53.1 ± 13.62 (rango: 21-79 años). En cuanto a las comorbilidades principales se encontraron diabetes mellitus (DM) 15.6% (n = 15) e hipertensión arterial sistémica (HAS) 27.1% (n = 26). Los diagnósticos encontrados fueron: espondiloartrosis 52.1% (n = 50), espondilolistesis degenerativa 45.8% (n = 44), hernia de disco lumbar 40.6% (n = 39) y escoliosis degenerativa (n = 2) y compresión radicular 54.2% (n = 52) (Tabla 1). Los procedimientos quirúrgicos realizados, se dividieron en: instrumentación + fusión (IF) (n = 64, 66.6%) y liberación radicular sin instrumentación (LSI) (n = 32, 33.3%) (Tabla 2). Es importante señalar que todas las cirugías fueron realizadas sólo por dos cirujanos de columna del hospital. Al asociar tipo de procedimientos quirúrgicos (IF versus LSI) y los parámetros espinopélvicos, observamos que las medidas preoperatorias y postoperatorias de todos los ángulos hubo un aumento en el grupo de IF. Sin embargo, en el grupo LSI en los ángulos SS (inclinación sacra, *sacral slope*) y LL (lordosis lumbar) no hubo cambios significativos al mes. A los seis meses observamos que en el grupo IF los parámetros espinopélvicos se incrementaron un grado en comparación con la medida prequirúrgica, a excepción de LL el cual disminuyó tres grados. Por otro lado, en el grupo LSI los parámetros espinopélvicos decrecieron más de dos grados excepto en el ángulo LL, PT (inclinación pélvica, *pelvic tilt*) y SS (Tabla 2).

DISCUSIÓN

La medición de los parámetros espinopélvicos representa un papel importante en la biomecánica de la columna. Surgen como parámetros radiológicos para valorar el equilibrio que debe de mantenerse entre

la espina y la pelvis, para lograr que la cabeza, los hombros y la pelvis se mantengan encima de los pies. Dichos parámetros agrupan una serie de medidas y ángulos que en conjunto integran el balance sagital.¹⁷

Se ha reportado que, en pacientes con enfermedades crónico-generativas de la columna vertebral, cambios en equilibrio sagital ocasionan irregularidades, así como cambios morfológicos en la biomecánica de la unión lumbosacra.¹⁸⁻²¹

En esta investigación se buscó una valoración integral del equilibrio sagital posterior a la intervención quirúrgica en pacientes con cambios crónico-degenerativos de la columna lumbar. Se incluyeron los ángulos PI, SS y PT, así como determinación de la angulación de la lordosis lumbar (LL) y también se incluyó la PI-LL, que es una medición que pueden

Tabla 1: Datos demográficos (N = 96).

Variable	n (%)
Sexo	
Masculino	50 (52.1)
Femenino	46 (47.9)
Edad (años)* [rango: 21-79]	53.1 ± 13.62
Comorbilidades	
Diabetes mellitus	15 (15.6)
HAS	26 (27.1)
Tabaquismo	6 (6.3)
Otras	11 (11.5)
Diagnósticos	
Espondiloartrosis	50 (52.1)
Espondilolistesis degenerativa	44 (45.8)
Hernia de disco lumbar	39 (40.6)
Escoliosis degenerativa	2 (2.1)
Compresión radicular	52 (54.2)
Tratamiento quirúrgico	
Liberación radicular	52 (54.2)
Recalibrado	13 (13.5)
Instrumentación transpedicular	73 (76.0)
Discectomía	71 (74.0)
Laminectomía	54 (56.3)
Fusión	
Posterolateral	21 (21.9)
Intersomática con caja/malla	43 (44.8)
Número de niveles quirúrgicos	
1	45 (56.9)
2	30 (31.3)
3	16 (16.7)
4	5 (5.2)

* Valores expresado en media ± desviación estándar.
HAS = hipertensión arterial sistémica.

Tabla 2: Instrumentación más fusión intersomática [IF] / liberación radicular sin instrumentación transpedicular [LSI] (N = 96).

	IF (grados) n = 64 (66.6%)		LSI (grados) n = 32 (33.3%)		p*
	Media ± DE	Rango	Media ± DE	Rango	
Prequirúrgica					
PI	51.47 ± 10.708	(20-74)	55.43 ± 11.692	(41-79)	0.133
SS	34.86 ± 9.140	(17-61)	34.30 ± 8.756	(20-57)	0.797
LL	51.59 ± 3.472	(22-80)	48.30 ± 12.451	(24-76)	0.302
PT	16.60 ± 10.555	(-16-36)	21.13 ± 8.925	(4-42)	0.660
PI-LL	-0.12 ± 13.495	(-40-27)	7.13 ± 14.322	(-19-43)	0.029
Un mes					
PI	50.95 ± 9.358	(35-78)	54.70 ± 11.803	(36-86)	0.120
SS	33.00 ± 8.451	(12-50)	34.83 ± 9.944	(18-62)	0.389
LL	48.19 ± 12.913	(8-76)	48.30 ± 13.539	(24-82)	0.971
PT	17.95 ± 7.692	(0-36)	19.87 ± 7.659	(3-36)	0.298
PI-LL	2.75 ± 12.234	(-31-36)	6.39 ± 13.124	(-12-43)	0.225
Seis meses					
PI	52.03 ± 10.105	(36-81)	52.26 ± 14.765	(19-92)	0.932
SS	34.14 ± 8.351	(16-54)	32.78 ± 11.008	(10-59)	0.533
LL	49.45 ± 13.589	(3-80)	49.00 ± 13.280	(22-77)	0.889
PT	17.89 ± 7.653	(1-37)	19.48 ± 8.580	(7-38)	0.402
PI-LL	2.58 ± 12.404	(-21-43)	3.26 ± 13.841	(-17-48)	0.833

* Significancia (p) obtenida con la prueba t-Student para muestras independientes.

DE = desviación estándar. IF = instrumentación más fusión intersomática. LL = lordosis lumbar. LSI = liberación radicular sin instrumentación transpedicular. PI = incidencia pélvica. PI-LL = incidencia pélvica-lordosis lumbar. PT = inclinación pélvica. SS = inclinación sacra.

predecir la discapacidad, y, por ende, podría tomarse como parámetro para valorar el mantenimiento de la postura erguida y proporcionar una guía para la evaluación del paciente para la toma de decisiones terapéuticas adecuadas y, por consiguiente, la disminución de dolor. Todas estas mediciones están relacionadas una con otra, sobre todo PI, SS y PT, ya que la variación de una puede afectar a la otra. Por lo tanto, se hipotetizó en esta investigación que se observarían algunas diferencias en sólo algunos parámetros espinopélvicos postquirúrgicos al compararse con las mediciones prequirúrgicas, pudiéndose comprobar esta hipótesis.

En el grupo IF se presentaron incrementos que mayormente se observaron a los seis meses de seguimiento; fueron en PI, PT y PI-LL. En cambio, en el grupo LSI todos los parámetros espinopélvicos disminuyeron en más de un grado al mes y seis meses de seguimiento, predominantemente en PI-LL. En el grupo IF, la LL aumentó casi un grado, pero en el grupo LSI el incremento fue menor de un grado. En ambos grupos, estas variabilidades no fueron estadísticamente significativas. En cambio, para Frank Schwab y colaboradores,¹⁷ quienes compararon dos

grupos de tratamiento (quirúrgico versus no quirúrgico) en pacientes con deformidad espinal, encontraron que PT y PI-LL fue mayor en el grupo quirúrgico que en el no quirúrgico. Sameh Elmorsy y asociados¹⁹ encontraron que la PT y SS se incrementaron de forma estadísticamente significativa, sólo la PI no se modificó en pacientes con espondilolistesis tratados quirúrgicamente con fijación transpedicular. Malcok y Akar²⁰ observaron que los pacientes con hernia discal a quienes se les realizó una microdiscectomía lumbar presentaron una variación de la LL de un grado en la valoración postquirúrgica en comparación con la prequirúrgica; en cambio, el SS incrementó un grado. Marc Hohenhaus y colegas,¹¹ al valorar resultados prequirúrgicos y postquirúrgicos en pacientes a quienes se les realizó una fusión intersomática lumbar transforaminal, reportan que LL tuvo un incremento significativo; en cambio, en las demás mediciones no hubo cambios. Yu Feng y su grupo,¹⁶ al comparar la fusión posterolateral y la fusión intersomática posterior, encontraron que el decremento de la PT fue un resultado quirúrgico a corto plazo. La fusión intercorporal lumbar posterior (PLIF) podría aumentar la LL y formar una alineación sagital más razonable.

Desde el punto de equilibrio espinopélvicos, la PLIF puede ser mejor que la fusión lumbar posterior (PLF) para los pacientes con espondilolistesis ístmica. Jung-Hee Lee²¹ obtuvieron que la PI aumentó en todos los pacientes con deformidad sagital adulta corregida quirúrgicamente. La diferencia de PI después de la cirugía fue significativamente mayor en la fijación no sacro-pélvica. Borkar y su equipo,¹⁷ en los pacientes con enfermedades degenerativas de columna lumbar, observaron que el ángulo que obtuvo cambios significativos fue PI, mientras que SS, LL y PT no tuvieron cambios. Saleh y colaboradores,¹⁹ en pacientes con espondilolistesis lumbar tratados quirúrgicamente con reducción con tornillos pediculares de brazo largo, encontraron que hubo disminución significativa en el valor de PI y aumento de SS después de la cirugía. Zachary y asociados²⁰ realizaron una fusión intersomática lateral transposas prona (PTP LIF) en pacientes con espondilolistesis; descubrieron que sólo un nivel con fijación percutánea mostró aumento en la angulación en LL y disminución en PT, PI y LL.

Una de las debilidades que presenta esta investigación es que la muestra es menor en comparación a otros estudios.

Entre las fortalezas del estudio, se encuentra el que se midieron los parámetros espinopélvicos, no sólo al mes, sino a los seis meses, observándose cambios en la mayoría de éstos simultáneamente. En contraste, autores que han medido estos parámetros, en seguimientos a más de dos años, no registraron variabilidad con las mediciones realizadas en el postquirúrgico inmediato.^{11,17,19,21,22} Otra fortaleza, es que se contrastaron dos tipos de intervención quirúrgica; se compararon procedimientos en los que se efectuó una instrumentación posterior frente a los que no se les realizó ésta.

Las propuestas derivadas de la presente investigación son que se requieren más estudios prospectivos y con mayor cantidad de pacientes, así como un seguimiento por más de seis meses para mostrar si hay cambios en los parámetros espinopélvicos y correlacionarlos funcionalmente.

CONCLUSIONES

En este estudio sí se observó variabilidad de los parámetros espinopélvicos en pacientes con enfermedades crónico-degenerativas sometidos a cirugía; sobre todo en pacientes a quienes se les realizó LSI, pero no fueron estadísticamente significativos.

Es importante realizar una valoración integral radiológica con diversos parámetros espinopélvicos

para estimar el balance sagital postquirúrgico en pacientes con padecimientos crónico-degenerativos de la columna lumbar y la evaluación del mantenimiento de la postura erguida, así como proporcionar una guía para la valoración del paciente y la toma de decisiones terapéuticas adecuadas, lo que muy posiblemente disminuiría el dolor, aunque las causas de dolor crónico persistente postquirúrgico son multifactoriales.

Se requieren más estudios prospectivos y con mayor cantidad de pacientes, así como un seguimiento por más de seis meses para determinar si hay variabilidad en los parámetros espinopélvicos.

AGRADECIMIENTOS

Agradecemos al servicio de columna y cadera del hospital por las facilidades otorgadas para la realización del presente estudio.

REFERENCIAS

1. Kyrola KK, Salme J, Tuija J, Tero I, Eero K, Arja H. Intra- and interrater reliability of sagittal spinopelvic parameters on full-spine radiographs in adults with symptomatic spinal disorders. *Neurospine*. 2018; 15: 175-181. doi: 10.14245/ns.1836054.027.
2. Hasegawa K, Kabata T, Kajino Y, Inoue D, Sakamoto J, Tsuchiya H. The influence of pelvic tilt on stress distribution in the acetabulum: finite element analysis. *BMC Musculoskelet Disord*. 2021; 22: 764. doi: 10.1186/s12891-021-04500-5.
3. Mata-Ibarra JM, Arrieta-María VE, Torres-Romero F, Avendaño-Chacón N, Escobar-Abrego M et al. Spinopelvic surgical stabilization: a cases series. *Rev Colomb Ortop Traumatol*. 2013; 28: 55-62. doi: 10.1016/j.rccot.2015.02.002.
4. Legaye J, Duval-Beaupere G, Hecquet J, Marty C. Pelvic incidence: a fundamental pelvic parameter for three-dimensional regulation of spinal sagittal curves. *Eur Spine J*. 1998; 7: 99-103. doi: 10.1007/s005860050038.
5. Yilgor C, Sogunmez N, Boissiere L, Yavuz Y, Obeid I, Kleinstück F, et al. Global alignment and proportion (GAP) score: development and validation of a new method of analyzing spinopelvic alignment to predict mechanical complications after adult spinal deformity surgery. *J Bone Joint Surg Am*. 2017; 99: 1661-1672. doi: 10.2106/JBJS.16.01594.
6. Park SA, Kwak DS, Cho HJ, Min DU. Changes of spinopelvic parameters in different positions. *Arch Orthop Trauma Surg*. 2017; 137: 1223-1232. doi: 10.1007/s00402-017-2757-0.
7. Hayden AM, Hayes AM, Brechbuhler JL, Israel H, Place HM. The effect of pelvic motion on spinopelvic

- parameters. *Spine J.* 2018; 18: 173-178. doi: 10.1016/j.spinee.2017.08.234.
8. Shakeri M, Mahdavi SM, Rikhtehgar M, Soleimani M, Ghandhari H, Jafari B, et al. EOS® is reliable to evaluate spinopelvic parameters: a validation study. *BMC Med Imaging.* 2024; 24: 35. doi: 10.1186/s12880-023-01178-0.
 9. Fujita N, Yagi M, Watanabe K, Nakamura M, Matsumoto M, Yokoyama Y, et al. Determining the validity and reliability of spinopelvic parameters through comparing standing whole spinal radiographs and upright computed tomography images. *BMC Musculoskelet Disord.* 2021; 22: 899. doi: 10.1186/s12891-021-04786-5.
 10. Ries Z, Harpole B, Graves C, Gnanapragasam G, Larson N, Weintstein S, et al. Selective thoracic fusion of Lenke I and II curves affects sagittal profiles but not sagittal or spinopelvic alignment: a case-control study. *Spine (Phila Pa 1976).* 2015; 40: 926-934. doi: 10.1097/BRS.0000000000000861.
 11. Hohenhaus M, Volz F, Merz Y, Watzlawick R, Scholz C, Hubbe U, et al. The challenge of measuring spinopelvic parameters: inter-rater reliability before and after minimally invasive lumbar spondylodesis. *BMC Musculoskelet Disord.* 2022; 23: 104. doi: 10.1186/s12891-022-05055-9.
 12. Bari TJ, Hallager DW, Tondevold N, Karbo T, Hansen LV, Dahl B, et al. Spinopelvic parameters depending on the angulation of the sacral end plate are less reproducible than other spinopelvic parameters in adult spinal deformity patients. *Spine Deform.* 2019; 7: 771-778. doi: 10.1016/j.jspd.2018.12.002.
 13. Vila-Casademunt A, Pellisé F, Acaroglu E, Pérez-Grueso FJS, Martín-Buitrago MP, Sanli T, et al. The reliability of sagittal pelvic parameters: the effect of lumbosacral instrumentation and measurement experience. *Spine (Phila Pa 1976).* 2015; 40: E253-258. doi: 10.1097/BRS.0000000000000720.
 14. Khalsa AS, Mundis GM, Yagi M, Fessler RG, Bess S, Hosogane N, et al. Variability in Assessing Spinopelvic Parameters with Lumbosacral Transitional Vertebrae: Inter- and Intraobserver Reliability Among Spine Surgeons. *Spine (Phila Pa 1976).* 2018;43(12):813–6. doi: 10.1097/BRS.0000000000002433.
 15. Maillot C, Ferrero E, Fort D, Heyberger C, Le Huec JC. Reproducibility and repeatability of a new computerized software for sagittal spinopelvic and scoliosis curvature radiologic measurements: Keops®. *Eur Spine J.* 2015; 24: 1574-1581. doi: 10.1007/s00586-015-3817-1.
 16. Banno T, Togawa D, Arima H, Hasegawa T, Yamato Y, Kobayashi S, et al. The cohort study for the determination of reference values for spinopelvic parameters (T1 pelvic angle and global tilt) in elderly volunteers. *Eur Spine J.* 2016; 25: 3687-3693. doi: 10.1007/s00586-016-4411-x.
 17. Schwab F, Ungar B, Blondel B, Buchowski J, Coe J, Deinlein D, et al. Scoliosis research society-schwab adult spinal deformity classification: a validation study. *Spine (Phila Pa 1976).* 2012; 37: 1077-1082. doi: 10.1097/BRS.0b013e31823e15e2.
 18. Lindado CA, Gutiérrez S, Patiño S, Acevedo JC. Biomechanical factors related to surgical outcomes on patients treated with lumbar arthrodesis in a high complexity center in Colombia. *Rev Soc Esp Dolor.* 2020; 27: 160-167. doi: 10.20986/resed.2020.3759/2019.
 19. Elmorsy SEH, Abulnasr HA, Hassan Y, Samra M, Eissa EM. Functional outcome of surgical management of low mid-grade lumbar spondylolisthesis when considering the sagittal balance parameters preoperatively: a prospective study. *Chin Neurosurg J.* 2022; 8: 35. doi: 10.1186/s41016-022-00303-2.
 20. Malcok UA, Akar A. Effects of lumbar microdiscectomy on spinopelvic parameters. *J Turk Spinal Surg.* 2021; 32: 32-37. doi: 10.4274/jtss.galenos.2021.372.
 21. Lee JH, Na KH, Kim JH, Jeong HY, Chang DG. Is pelvic incidence a constant, as everyone knows? Changes of pelvic incidence in surgically corrected adult sagittal deformity. *Eur Spine J.* 2016; 25: 3707-3714. doi: 10.1007/s00586-015-4199-0.
 22. Valdivia-Zúñiga C, Bobadilla-Lescano G, Martínez-Escalante F, Balam-May A, Cámara-Arrigunaga F. Frecuencia de alteraciones espinopélicas en pacientes postoperados de artroplastía total de cadera y su asociación con resultados funcionales. *Acta Ortop Mex.* 2024; 38: 3-9. doi: 10.35366/114659.
- Conflicto de intereses:** los autores declaran no tener conflicto de intereses respecto al presente manuscrito.
Financiamiento: los autores manifestamos que no hubo financiamiento externo ni patrocinios para la realización de dicho estudio.



Abril-Junio 2025
Vol. 3, núm. 2 / pp. 113-120

Recibido: 13 de Diciembre de 2024
Aceptado: 30 de Diciembre de 2024

doi: 10.35366/119621



Palabras clave:
enfermedad de Scheuermann,
cifosis, curvaturas de
la columna vertebral,
enfermedades de la columna
vertebral, lumbalgia.

Keywords:
*Scheuermann disease,
kyphosis, spinal curvatures,
spinal diseases, low back pain.*

* Hospital ISSSTEP 5 de mayo.
Puebla, Puebla, México.
† Residente de Traumatología y
Ortopedia de tercer año.
ORCID: 0009-0008-2875-904X
‡ Residente de Pediatría
de segundo año.
ORCID: 0009-0006-9025-120X

Correspondencia:
Carlos Guillermo Infante Luna
E-mail: drinfanteluna@outlook.com

Enfermedad de Scheuermann: una revisión desde la definición hasta el tratamiento

Scheuermann's disease: a review from definition to treatment

Carlos Guillermo Infante Luna,^{*,†} Amariliz Torres Peral^{*,§}

RESUMEN

La enfermedad de Scheuermann (ES) es la segunda causa de hipercifosis después de la escoliosis idiopática, igualmente es la segunda causa más frecuente del dolor en espalda en adolescentes. La incidencia de la enfermedad de Scheuermann en los EE. UU. es de 0.4 a 8% y, con mayor frecuencia, se diagnostica por primera vez en niños entre 10 y 12 años, con una correlación positiva entre la edad y el ángulo de cifosis. En términos de sexo, la proporción de hombres a mujeres varía entre 2:1 y 7:1. La etiopatogenia es multifactorial, teniendo aspectos genéticos, hormonales, biomecánicos entre otros. El tratamiento puede ser conservador en ciertos casos; sin embargo, cuando éste falla, el tratamiento quirúrgico puede ofrecer mejoría. El propósito de este trabajo es revisar la etiología de la enfermedad de Scheuermann, los métodos pertinentes de diagnóstico y los conceptos actuales relacionados con su manejo.

ABSTRACT

Scheuermann's disease (SD) is the second most common cause of hyperkyphosis after idiopathic scoliosis, and is also the second most common cause of back pain in adolescents. The incidence of Scheuermann's disease in the US is 0.4-8%, and it is most often first diagnosed in children between 10 and 12 years of age, with a positive correlation between age and kyphosis angle. In terms of sex, the male to female ratio varies between 2:1 and 7:1. The etiopathogenesis is multifactorial, having genetic, hormonal, biomechanical, and other aspects. Treatment may be conservative in certain cases, however, when this fails, surgical treatment may offer improvement. The purpose of this paper is to review the etiology of Scheuermann's disease, the relevant diagnostic methods, and current concepts related to its management.

Abreviatura:

ES = enfermedad de Scheuermann

INTRODUCCIÓN

En 1920, Horgel Scheuermann, tras examinar la espalda de un joven granjero de 16 años, describió la presencia de una cifosis rígida y dolorosa de la columna torácica distinguible tanto clínica como radiológicamente de la cifosis

Citar como: Infante LCG, Torres PA. Enfermedad de Scheuermann: una revisión desde la definición hasta el tratamiento. *Cir Columna*. 2025; 3 (2): 113-120. <https://dx.doi.org/10.35366/119621>



postural. La denominó “*kyphosis dorsalis juveniles*”, y solamente mucho más tarde se asociaría con el nombre de enfermedad de Scheuermann (ES). Desde entonces, esta enfermedad ha sido objeto de gran interés ortopédico por la presencia de dolor, pero más especialmente por ser causa de deformidad significativa, que en determinados casos es de carácter progresivo. En 1964, Sorensen estableció hallazgos radiográficos diagnósticos que serán comentados más adelante. Otros hallazgos característicos son el incremento de la cifosis torácica, pinzamiento discal e irregularidades de los platillos vertebrales con formación de hernias de intraesponjosas (nódulos de Schmorl).¹

Antes de continuar y con fines didácticos, hay que señalar que esta enfermedad se caracteriza por lo siguiente:

1. Hipercifosis torácica “rígida”: se trata de una cifosis torácica con un ángulo de Cobb $> 40^\circ$ (que para la región dorsal está formado por una línea paralela al platillo vertebral superior de T4 y el inferior de T12). Será una cifosis rígida porque no corrige completamente cuando le pedimos al paciente que se ponga “recto”, es decir, que esté lo más erguido posible.
2. Acuñaamiento vertebral anterior $> 5^\circ$: este ángulo lo mediremos en la radiografía lateral (al igual que el anterior) trazando dos líneas paralelas a los platillos de la vértebra en cuestión.
3. Acuñaamiento presente en al menos tres o más vértebras contiguas.²

Actualmente, se considera que la cifosis o enfermedad de Scheuermann es la causa más frecuente de hipercifosis angular estructural progresiva y dolorosa de la columna torácica o toracolumbar en los adolescentes. Los pacientes con cifosis de Scheuermann presentan una hipercifosis torácica angular bien definida, que generalmente asocia la presencia de hiperlordosis cervical y lumbar de carácter compensatorio. Este incremento en la lordosis cervical y lumbar es el resultado de la búsqueda del equilibrio por parte de la columna, lo que desemboca finalmente en el desarrollo de un equilibrio sagital negativo.²

Se sabe que los pacientes con enfermedad de Scheuermann progresiva que alcanzan la edad adulta sin tratamiento pueden llegar a referir la presencia de dolor incapacitante, especialmente si la deformidad es importante, lo cual merma de mucho la calidad de vida.²

El propósito de este trabajo es revisar la etiología de la ES, los métodos pertinentes de diagnóstico y los conceptos actuales relacionados con su manejo conservador y cuándo es necesaria la cirugía.

MATERIAL Y MÉTODOS

Para este trabajo se realizó una revisión sistemática de la literatura en cuatro plataformas diferentes, entre ellas PubMed, SciELO, Google Scholar y ScienceDirect. De 30 artículos recabados se excluyeron aquellos no relacionados al área médica y artículos que se enfocaban principalmente en deformidades distintas a la enfermedad de Scheuermann. Resultados: de 30 artículos revisados, 24 cumplieron con criterios de inclusión para esta revisión sistemática, con un enfoque en la fisiopatología, diagnóstico y tratamiento de la enfermedad de Scheuermann.

Epidemiología

La enfermedad de Scheuermann es la segunda causa de cifosis hipercifosis después de la escoliosis idiopática; igualmente, es la segunda causa más frecuente del dolor en espalda en adolescentes. La incidencia de la ES en los EE. UU. es de 0.4 a 8% y, con mayor frecuencia, se diagnostica por primera vez en niños entre 10 y 12 años, con una correlación positiva entre la edad y el ángulo de cifosis. En términos de sexo, la proporción de hombres a mujeres varía entre 2:1 y 7:1. Se conocen dos tipos de enfermedad de Scheuermann, tipo I y II: Tipo I o clásico es una cifosis torácica, la más frecuente y suele presentar una hiperlordosis lumbar y cervical compensadora. Tipo II o atípica es una cifosis toracolumbar, ésta suele ser mayormente agresiva y progresiva en etapa adulta.² En México no existen registros sobre la prevalencia, incidencia y/o datos sociodemográficos de esta enfermedad.

Etiopatogenia

Genética. Existen informes de agregaciones de la enfermedad de Scheuermann en familias y una serie de informes que sugieren un carácter hereditario de este trastorno. Se ha demostrado una alta concordancia para la ES en gemelos monocigóticos. El análisis de pedigríes separados sugiere que la ES tiene una herencia autosómica dominante. Sin embargo, la ES todavía se considera generalmente como un trastorno hereditario de etiología desconocida.³

Modelo hormonal. Se ha propuesto una relación directa con la hormona de crecimiento, ya que gran can-

idad de pacientes con ES presentan aumento de esta hormona, lo que explicaría el acuñaamiento por aumento de tamaño en la pared posterior de las vértebras.^{4,5}

Modelo de alteraciones de colágeno. La ES muestra interrupciones parciales o completas de fibras de colágeno y en algunas ocasiones ausencia o malformaciones en el área de crecimiento, y es considerada como una osteocondritis.^{4,5}

Modelo biomecánico.^{4,5} Se conocen factores que aparentemente influyen como la contractura de isquiotibiales asociada a la modificación de la inclinación pélvica durante la flexión de la columna vertebral y lo que producirá un acuñaamiento anterior. Se ha relacionado la altura y el peso con la enfermedad.^{4,5}

Otras. Se ha relacionado con otras enfermedades como osteoporosis juvenil idiopática, hipovitaminosis D, quistes duros, espondilólisis, infecciones juveniles o hasta malformaciones juveniles.¹

A modo de resumen, podría decirse que se produce una osteonecrosis del cartílago de crecimiento en la porción anterior de las vértebras de los pacientes afectados por esta enfermedad.⁵

Cuadro clínico y diagnóstico

Motivos de consulta. Son el dolor y una “mala postura”, una preocupación estética, más raramente una

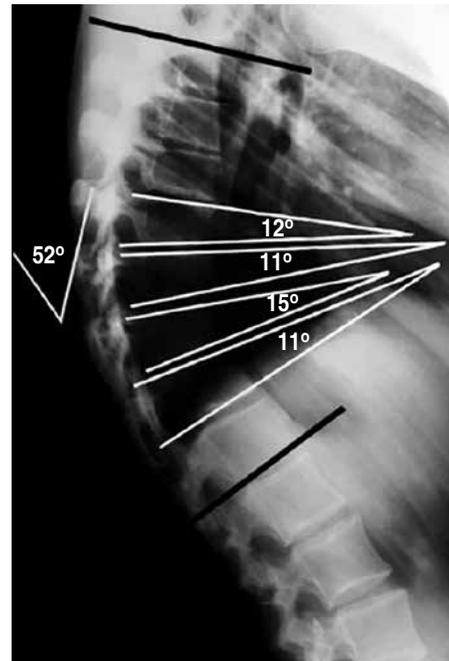


Figura 2: Radiografía lateral simple de un paciente adolescente con enfermedad de Scheuermann con una cifosis torácica de 52°. La medida del grado de acuñaamiento segmentario se obtiene del ángulo de intersección de las tangentes sobre los platillos superior e inferior de cada cuerpo vertebral.

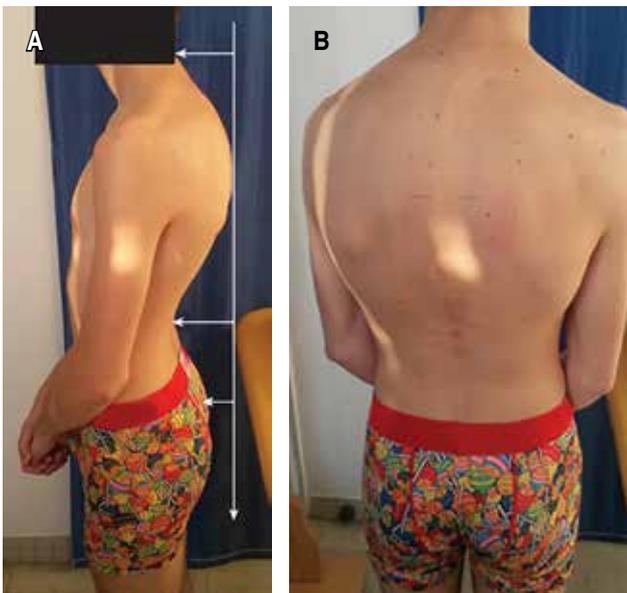


Figura 1: Hipercifosis torácica de la enfermedad de Scheuermann e hiperlordosis lumbar (A, B). Aumento de las flechas cervical y lumbar, y aparición de flecha sacra.

escoliosis, y, en ocasiones, es un descubrimiento fortuito; sin embargo, con frecuencia se produce retraso del diagnóstico. El dolor o las molestias en el niño y el adolescente son dorsalgias o lumbalgias en general moderadas, intermitentes, no invalidantes, favorecidas por la actividad, el transporte de cargas pesadas y las posiciones prolongadas de pie o sentado; no obstante, estos dolores desaparecen en posición acostada. Hay que tener siempre en cuenta los dolores raquídeos en el niño y no considerarlos como “dolores de crecimiento”. La frecuencia del dolor varía según los estudios y, a menudo, se subestima. El dolor puede estar presente al inicio (alrededor del 50%) y después disminuye al final de la pubertad (25%). Es importante tener en cuenta que la localización del dolor corresponde generalmente a la zona de las lesiones radiológicas.⁶

Exploración física. Comprende la valoración global del tipo de perfil (normal, aumento de las curvaturas raquídeas sagitales, inversión de las curvaturas con cifosis dorsolumbar o lumbar) y el examen del equilibrio frontal y sagital de la columna y de la pelvis con regla milimétrica y plomada. El examen del perfil consiste en

la medición de las flechas sagitales y la determinación de la parte alta de la cifosis (*Figura 1*).⁶

Algunos otros aspectos para examinar son hombros caídos (abducción escapular), rango completo de movilidad, que puede estar limitado en estos pacientes. Una exploración neurológica completa para detectar posibles alteraciones, aunque es raro que se presenten en estos pacientes a menos que se asocien a espondilolistesis, quistes derales, hernias discales o que sea una cifosis muy angular (es decir, que tenga pocas vértebras causantes de la cifosis) lo cual casi siempre aparecerá de forma postraumática. Evaluar clínica pulmonar, ya que, en algunos casos, con curvas muy pronunciadas ($> 100^\circ$) se limita la calidad de vida por la aparición de un patrón pulmonar restrictivo.⁷

Diagnóstico radiológico. La *Scoliosis Research Society* ha establecido valores de cifosis torácica normal entre 20° y 40° (medido entre T5 y T12). Sin embargo, la literatura relevante refleja la existencia de una amplia variabilidad para lo que se pudiera considerar un equilibrio sagital normal en individuos asintomáticos. Illeez y colaboradores, en un estudio realizado entre 316 sujetos asintomáticos, establece un límite superior para la cifosis torácica normal de 45° , añadiendo además que este valor se incrementa con la edad.⁸

Debe realizarse una radiografía de columna en proyección lateral con el paciente de pie y con los hombros y brazos en 90° , o sobre la clavícula ipsilateral (en posición clavicular). Para la medición del ángulo de cifosis, se seleccionan las vértebras finales craneal y caudal incluidas en la deformidad. La medida del grado de acuñamiento se obtiene del ángulo de intersección de las tangentes sobre los platillos superior e inferior de cada cuerpo vertebral.⁹ El criterio diagnóstico establece un acuñamiento superior a los 5° en al menos tres vértebras consecutivas en el ápex de la cifosis (*Figura 2*).¹ También son hallazgos comunes en la radiología la presencia de nódulos de Schmorl, la irregularidad y el adelgazamiento de los platillos vertebrales y el pinzamiento del espacio discal. Para la medición del grado de flexibilidad de la hiper cifosis se emplea la proyección lateral con el paciente en hiperextensión sobre una cuña o pivote (*Figura 3*).¹ En la enfermedad clásica tipo I, el ápex de la cifosis se localiza entre T6 y T9. En el tipo II, el ápex de la cifosis se localiza sobre la charnela toracolumbar.¹⁰

Estos pacientes suelen presentar un equilibrio sagital global negativo, que se demuestra mediante el dibujo de la plomada desde el centro del cuerpo de C7 hasta el platillo sacro en la radiografía lateral de columna. Se define el equilibrio sagital negativo

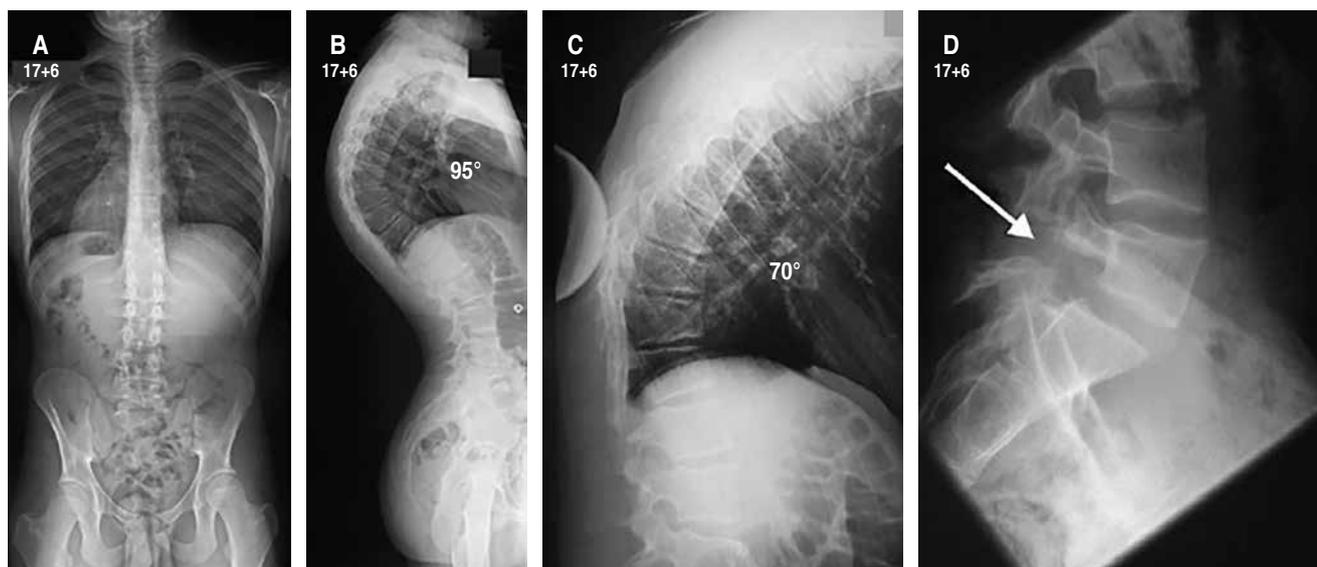


Figura 3: Radiografías de columna de un paciente de 17 años y seis meses de edad con enfermedad de Scheuermann. **A)** La proyección posteroanterior descarta la presencia de una escoliosis asociada, **B)** La proyección lateral demuestra la presencia de una cifosis torácica de 95° . **C)** Radiografía lateral en decúbito supino de la columna torácica con el paciente en hiperextensión sobre una cuña o pivote que demuestra una corrección de la cifosis torácica hasta los 70° . **D)** Proyección lateral de la columna lumbosacra que revela la presencia de una espondilolisis ístmica asociada.



Figura 4:

Masculino de 19 años con enfermedad de Scheuermann típica. **A)** Plano sagital potenciación T2. **B)** Potenciación T1. **C y D)** Plano axial potenciación T2 resonancia magnética. **A y B)** Se muestran cifosis con ápice orientado hacia T9, irregularidades en las placas terminales T7-L1 y degeneración discal en estos niveles (excepto T11-T12) (flechas blancas). **C y D)** Se demuestra abultamiento en los niveles torácicos 8-9 y 10-11 (flechas blancas).

cuando la plomada cae por detrás de la esquina posterosuperior del platillo sacro.¹¹

Hallazgos en la resonancia magnética. Aquellos pacientes que presenten déficit motor o sensitivo, hiperreflexia u otras alteraciones en la exploración neurológica, o en caso de planificación quirúrgica, se debe completar el estudio por imagen mediante resonancia magnética (RM) para descartar la presencia de herniación discal, tracción o compresión medular en el ápex de la deformidad. Incluyen platillos vertebrales irregulares, nódulos de Schmorl (16-35%), afectación discal (50%), espondilosis/espondilolistesis, edema óseo (que suele asociarse a dolor espalda) y/o escoliosis (Figura 4).^{12,13}

Tratamiento

Tratamiento conservador. Hay diversas opciones terapéuticas en función de la clínica y del ángulo de la deformidad. La mayoría de los casos se tratan de forma conservadora, ya que las curvas son inferiores a 60°, mientras que las curvas superiores a 60° se tratan quirúrgicamente. El objetivo del tratamiento conservador es evitar la progresión de la enfermedad, no corregir la curva, aunque puede llegarse a reducir algún grado con el uso del corsé. La principal indicación de tratamiento es el dolor y la progresión de la deformidad, aunque también debemos de tratar en caso de clínica neurológica, repercusión a nivel

de los aparatos cardiorrespiratorios o ante aspecto estético inaceptable.¹⁴

En el caso de la fisioterapia, debe ser individualizada para cada paciente, con una frecuencia de al menos dos veces media hora a la semana. El trabajo comprende un trabajo postural con autoestiramientos en sedestación y de pie, cuyo objetivo es corregir la estática de la columna, sobre todo si la curvatura es reducible; un trabajo de flexibilización de la cifosis dorsal; un trabajo de aumento de la lordosis lumbar en caso de ES lumbar; estiramientos y posturas de elongación de los isquiotibiales, los pectorales y, a veces, los flexores de la cadera; rehabilitación respiratoria de ser necesario y un trabajo muscular activo de los extensores de la columna. También podría acompañarse del uso de un corsé, de entre la variedad existente como un corsé de yeso con o sin soporte según el nivel de la cifosis; corsé de Milwaukee que trata de una ortesis dinámica que permite la extensión progresiva de la columna y la corrección de la cifosis gracias al soporte y a dos topes colocados debajo de la cima de la cifosis; corsés anticifosis de diferentes tipos. Estos corsés, realizados con diferentes materiales y que comportan diversos ajustes, deben incluir tres apoyos: un apoyo posterior debajo de la cima de la cifosis y dos contraapoyos anteriores, prehumerales y abdominal; corsé corto lordosante de polipropileno. Se utiliza en la ES lumbar, con el objetivo de restablecer o mantener la lordosis lumbar y corregir una cifosis localizada.^{14,15}

Tratamiento quirúrgico. La principal indicación para el tratamiento quirúrgico es deformidad cifótica dolorosa que no responde al tratamiento conservador, deformidad cosméticamente desagradable, curva funcionalmente progresiva o déficit neurológico/compresión de la médula espinal. Tradicionalmente, se ha ofrecido cirugía cuando la magnitud de la curva supera los 65-80° grados, especialmente en adultos. Las indicaciones cardiopulmonares para la intervención quirúrgica son raras y aparecen únicamente en pacientes con curvas > 100°. En el contexto de la deformidad progresiva, es probable que los pacientes mayores tengan una curvatura más severa y menos flexible que sólo se pueda corregir quirúrgicamente.¹⁶

La corrección se puede lograr utilizando una de dos estrategias quirúrgicas: una fusión anterior y posterior en dos etapas o una fusión posterior solamente en una etapa. Todavía es controvertido cuál es la mejor estrategia para obtener mejores resultados. Se debe tener en cuenta la edad al elegir la estrategia quirúrgica: durante el período de crecimiento, la artrodesis posterior es el método preferido, mientras que, en la edad adulta, la fusión anteroposterior en dos etapas es ideal con curvas más rígidas. El enfoque en dos etapas es el método de elección cuando la deformación es significativa con curvas más rígidas. Se encontró que el enfoque en dos etapas era más eficiente para reducir la deformidad cifótica, como lo indica una mayor tasa de corrección, índice de corrección de flexión del soporte (BBCI) y ganancia en la altura espinal.^{16,17}

La fusión anteroposterior en dos etapas también se asoció con menor incidencia de falla de la unión cuando se usaron varias formas de instrumentación, incluida la instrumentación de Cotrel-Dubousset y las varillas de Luque. Esto llevó a la recomendación del abordaje en dos etapas como el estándar de oro en el tratamiento quirúrgico de la ES. Sin embargo, con el avance de las técnicas quirúrgicas (osteotomías de Ponte) y la instrumentación (tornillos pediculares posteriores multisegmentarios), existe un cambio hacia un abordaje solo posterior (*Figura 5*).^{16,18}

En los años 80 y 90, la recomendación para la corrección de la curvatura severa era el abordaje dual.¹⁹ Desde que Bradford y colaboradores²⁰ realizaron el primer informe sobre la fusión posterior en el tratamiento de la ES, las indicaciones quirúrgicas, así como las técnicas operativas, han cambiado significativamente, y la fusión posterior de una sola etapa moderna ahora incorpora típicamente una osteotomía de Smith-Petersen o Ponte.

DISCUSIÓN

La enfermedad de Scheuermann representa una patología que puede provocar una limitación funcional muy importante y afectar la salud por el potencial de afectar a la función respiratoria del paciente en casos severos. Como se ha mencionado antes, el tratamiento puede ser de manera conservadora y tener buenos resultados, tal como lo han reportado recientemente Kolhe y asociados;²¹ sin embargo, éste puede fracasar

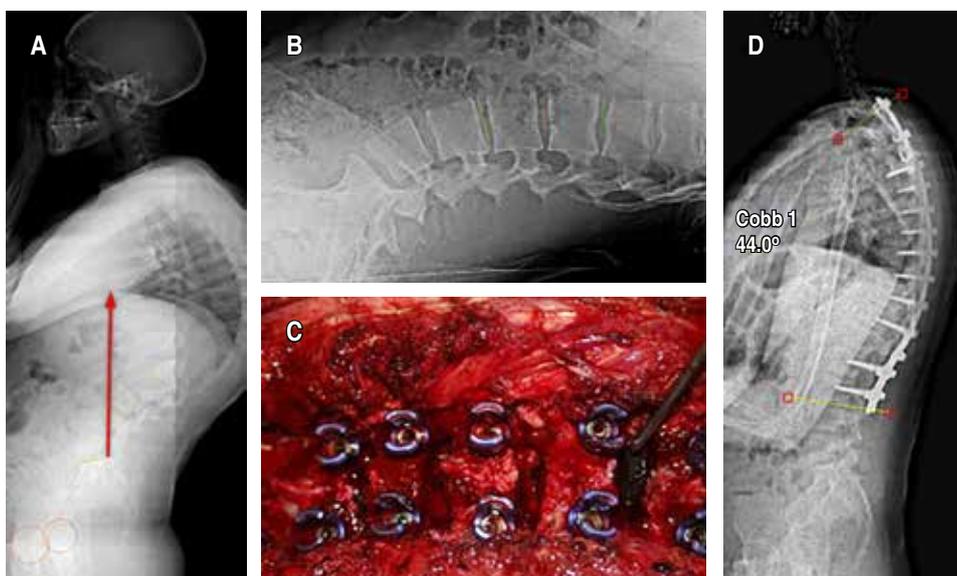


Figura 5:

A) Masculino de 15 años que presentó cifosis de 100°. **B)** Una prueba de fulcro mostró que el disco más horizontal es L3-L4. **C)** Fue operado con osteotomías de Ponte multinivel. La radiografía postoperatoria mostró una cifosis torácica de 50°.

o tener resultados limitados en otros casos. Ante tal situación, el siguiente paso es el tratamiento quirúrgico, el cual ha tenido importantes avances a través de la historia tanto en los abordajes y en la técnica utilizada, aunque, como cualquier otra cirugía, no está exenta de riesgos y complicaciones. A pesar de lo anterior, el pronóstico de la ES generalmente es bueno. Murray y colegas²² describieron cómo las curvaturas por debajo de los 85° no deterioran la función pulmonar, mientras que las curvaturas cifóticas mayores de 100° y con un ápice en los ocho cuerpos vertebrales torácicos superiores exhiben un trastorno de ventilación restrictiva significativo. Ragborg y su equipo²³ observaron una reducción significativa en la calidad de vida en comparación con la población general en una cohorte con un seguimiento de 39 años. Garrido y colaboradores²⁴ describieron empeoramiento del ángulo de cifosis de 0.45° anualmente y deterioro del Índice de Discapacidad de Oswestry (IDO) en comparación con la población general en una cohorte de pacientes con ES no tratados con seguimiento de 27 años.

CONCLUSIONES

A pesar del largo periodo desde que se tiene conocimiento de la enfermedad de Scheuermann, aún no se ha podido dilucidar cuál es la causa específica de su origen; sin embargo, como se vio a lo largo de este trabajo, también se han realizado esfuerzos para entender mejor su etiopatogenia, así como el abordaje terapéutico de esta enfermedad, tanto de manera conservadora como quirúrgica. Actualmente se conoce bien la edad en la que la ES aparece (10-12 años), así como el género más afectado (masculino), y las patologías (osteoporosis juvenil idiopática, hipovitaminosis D, infecciones juveniles) con las que está relacionada, lo cual representa un área de oportunidad para poner especial atención a este grupo etario cuando existan pacientes que refieren dolor en la región dorsolumbar, además de hacer énfasis en las deformidades observadas y no pasarlo como un simple “vicio de postura” y, por lo tanto, crear un protocolo de estudio con el objetivo de llegar a un diagnóstico certero. Por otra parte, si bien es cierto que existen muchos tipos de corsé para el tratamiento conservador, se debe continuar en la mejora de éstos, ya que el factor psicosocial y la autopercepción de los pacientes de este grupo de edad, pueden influir en el apego al tratamiento. En México existe poca literatura publicada al respecto de la ES, lo cual nos habla sobre la enorme tarea que tenemos para continuar con el estudio de

esta patología para su mejor comprensión, y de esta manera poder otorgar un mejor enfoque diagnóstico y terapéutico, con la única finalidad de disminuir las complicaciones y otorgar una mejor calidad de vida a aquellos pacientes que la padecen.

REFERENCIAS

1. Tomé-Bermejo F, Tsirikos A. Conceptos actuales sobre la enfermedad de Scheuermann: presentación clínica, diagnóstico y controversias sobre su tratamiento. *Rev Esp Cir Ortop Traumatol*. 2012; 56: 491-505. doi: 10.1016/j.recot.2012.07.002.
2. O'Donnell J, Wu W, Youn A, Mann A, Swarup I. Scheuermann kyphosis: current concepts and management. *Curr Rev Musculoskel Med*. 2023; 16(8): 521-530. doi: 10.1007/s12178-023-09861-z.
3. Zaidman A, Zaidman M, Strokova E, Korel A, Kalashnikova E, Rusova T, et al. The mode of inheritance of Scheuermann's disease. *BioMed Research International*. 2013; 2013: 1-9. doi: 10.1155/2013/973716.
4. García G, Mercado J, Uribe E. Enfermedad de Scheuermann, abordaje con cirugía de alta tecnología. *Cir Columna*. 2023; 1: 117-121. doi: 10.35366/111636.
5. Caravaca A, Yago A. Scheuermann kyphosis for dummies. *J Ortho Surg Trauma*. 2021; 10: 1-16. doi: 10.36438/jost2021002.
6. Marty-Poumarat C, Carlier R. Enfermedad de Scheuermann. *EMC-Aparato Locomotor*. 2017; 50: 1-17. doi: 10.1016/S1286-935X(17)87233-6.
7. Jain A, Saoji A. Scheuermann's disease in young adults: a case report. *Cureus*. 2022; 14: 1-8. doi: 10.7759/cureus.31803.
8. Illeez O, Akpınar P, Ulger F, Ozkan F, Aktas I. Low back pain in children and adolescents: real life experience of 106 patients. *North Clin Istanbul*. 2020; 7: 603-608. doi: 10.14744/nci.2020.93824.
9. Santiago F, Ramos-Bossini A, Wang Y, Zúñiga D. The role of radiography in the study of spinal disorders. *Quant Imaging Med Surg*. 2020; 10: 2322-2355. doi: 10.21037/qims-20-1014.
10. León-Domínguez A, Cansino-Román R, Martínez-Salas J, Farrington D. Clinical examination and imaging resources in children and adolescent back pain. *J Child Orthop*. 2023; 17: 512-526. doi: 10.1177/18632521231215860.
11. Ding Y, Lv S, Dong S, Cui J, Cao Z, Chen Y. Relationship between Scheuermann disease and symptomatic thoracic spinal stenosis: a retrospective study. *Acta Orthop Traumatol Turc*. 2021; 55: 253-257. doi: 10.5152/j.aott.2021.20022.
12. Ristolainen L, Kettunen J, Danielson H, Heliövaara M, Schlenzka D. Magnetic resonance imaging findings of the lumbar spine, back symptoms and physical

- function among male adult patients with Scheuermann's disease. *J Orthop.* 2020; 21: 69-74. doi: 10.1016/j.jor.2020.02.004.
13. Gokce E, Beyham M. Radiological imaging findings of Scheuermann disease. *World J Radiol.* 2016; 8: 895-901. doi: 10.4329/wjr.v8.i11.895.
 14. Audat Z, Kheirallah K. Assessment of quality of life for Scheuermann's kyphosis patients with Cobb's angle 50-65° treated conservatively or surgically in North Jordan: a prospective comparative study. *Clin Orthop Surg.* 2022; 14: 244-252. doi: 10.4055/cios20219.
 15. Aulisa A, Marsiolo M, Calogero V, Giordano M, Falciglia F. Long-term outcome after brace treatment of Scheuermann's kyphosis: an observational controlled cohort study. *Eur J Phys Rehabil Med.* 2023; 59: 529-534. doi: 10.23736/S1973-9087.23.08070-X.
 16. Sebaaly A, Farjallah S, Kharrat K, Kreichati G, Daher M. Scheuermann's kyphosis: update on pathophysiology and surgical treatment. *EFORT Open Rev.* 2022; 7: 782-791. doi: 10.1530/EOR-22-0063.
 17. Vera P, Lorente A, Burgos J, Palacios P, Antón-Rodríguez LM, Tamariz R, et al. Cardiorespiratory function of patients undergoing surgical correction of Scheuermann's hyperkyphosis. *Scientific Reports.* 2021; 11: 1-9. doi: 10.1038/s41598-021-99674-2.
 18. Otsuka N, Hall J, Mah J. Posterior fusion for Scheuermann's kyphosis. *Clin Orthop Relat Res.* 1990; 251: 134-139.
 19. Ali RM, Green DW, Patel TC. Scheuermann's kyphosis. *Curr Opin Pediatr.* 1999; 11: 66-69. doi: 10.1097/00008480-199902000-00014
 20. Bradford DS, Moe JH, Montalvo FJ, Winter RB. Scheuermann's kyphosis and roundback deformity. Results of Milwaukee brace treatment. *J Bone Joint Surg Am.* 1974; 56: 740-758. doi: 10.2106/00004623-197456040-00009.
 21. Kolhe P, Zanwar N, Phansopkar P. A holistic approach to physiotherapy treatment for Scheuermann disease along with lumbar canal stenosis and bilateral lower limb radiculopathy: a case report. *Cureus.* 2024; 16: 1-8. doi: 10.7759/cureus.66194.
 22. Murray P, Weinstein S, Spratt K. The natural history and long-term follow-up of Scheuermann kyphosis. *J Bone Joint Surg Am.* 1993; 75: 236-248. doi: 10.2106/00004623-199302000-00011.
 23. Ragborg L, Dragsted C, Dahl B, Gehrchen M. Scheuermann's kyphosis: a 39-year follow-up from diagnosis in non-operated patients. *Eur Spine J.* 2020; 29: 2091-2099. doi: 10.1007/s00586-020-06384-w.
 24. Garrido E, Roberts S, Duckworth A, Fournier J. Long-term follow-up of untreated Scheuermann's kyphosis. *Spine Deform.* 2021; 9: 1633-1639. doi: 10.1007/s43390-021-00354-y.

Conflicto de intereses: los autores no tienen ningún conflicto de interés en este trabajo.



Abril-Junio 2025
Vol. 3, núm. 2 / pp. 121-125

Recibido: 07 de Abril de 2024
Aceptado: 13 de Mayo de 2024

doi: 10.35366/119622



Calcificación del ligamento flavum ocasionando estenosis y radiculopatía lumbar: reporte de caso y revisión de la literatura

Calcification of the ligament flavum causing stenosis and lumbar radiculopathy: case report and literature review

José Antonio Chávez López,^{*,‡} Jorge Luis Hernández Bello,^{*,§}
Reyna Daena Chávez Cisneros^{*,¶}

Palabras clave:

radiculopatía, calcificación, ligamento flavum, síndrome de cauda equina, disfunción vesical.

Keywords:

radiculopathy, calcification, ligament flavum, cauda equina syndrome, bladder dysfunction.

RESUMEN

La calcificación del ligamento flavum es una rara enfermedad que afecta principalmente a mujeres de edad avanzada. Dicha calcificación es una condición rara en la columna lumbar; diferentes estudios concluyen en una incidencia más probable en la columna torácica baja en primer lugar y en la columna cervical en segundo lugar. Los mecanismos de la calcificación del ligamento en la columna lumbar están asociados con un estrés mecánico alto en dicho segmento; está demostrado que factores humorales y genéticos también desempeñan un rol importante para la calcificación del ligamento, esto sugiere que la calcificación de ligamento flavum está relacionada con alteración en el metabolismo óseo asociado a factores intrínsecos como son los factores mecánicos. Existen pocos casos reportados en la literatura de la presentación radicular asociada a la calcificación del ligamento flavum en la columna lumbar. En pacientes jóvenes, clínicamente puede manifestarse como mielorradiculopatía lumbar. El síndrome de cauda equina resultado de la compresión de las raíces nerviosas consiste en dolor lumbar, dolor radicular uní o bilateral, trastornos sensitivos y alteraciones en la esfera sexual y/o esfinteriana. Este síndrome tiene como causa más común una hernia discal extruida; sin embargo, cualquier lesión que ocasione compresión de las raíces nerviosas distal al cono medular, sea por tumores, traumas, calcificación u osificación de estructuras ligamentarias y complicaciones postquirúrgicas, resultarán en el síndrome de cauda equina. Presentamos el caso de un paciente femenino de 35 años de edad con calcificación del ligamento flavum en la columna lumbar, que presenta radiculopatía, alteraciones en la sensibilidad e incontinencia urinaria. La imagen por resonancia magnética demostró compresión de la cauda equina a nivel de L4-L5 del lado izquierdo. Se realizó una laminectomía descompresiva de L4 y L5 con resección del ligamento flavum calcificado. Los hallazgos histopatológicos demostraron cambios hialinos acelulares y calcificaciones distróficas del ligamento flavum. Las alteraciones en la sensibilidad y la incontinencia urinaria mejoraron posterior a la cirugía. La comprensión de los factores externos, la patogénesis y la presentación clínica apoyada en los estudios de imagen nos orientan al diagnóstico de esta poco frecuente condición.

ABSTRACT

Calcification of the ligamentum flavum is a rare disease that affects mainly elderly women. This calcification is a rare condition in the lumbar spine, different studies conclude that it is more likely to occur in the lower thoracic spine in the first place and in the cervical spine in the second place. The

* Hospital Regional de Alta Especialidad ISSSTE Morelia. Morelia, Michoacán, México.

‡ Profesor titular de Neurocirugía.

ORCID: 0009-0001-0533-980X

§ Residente de Neurocirugía.

ORCID: 0009-0004-7222-5740

¶ Médico interno de pregrado.

ORCID: 0009-0001-9397-9013

Correspondencia:

Jorge Luis Hernández Bello
E-mail: jor.lhb@hotmail.com

Citar como: Chávez LJA, Hernández BJL, Chávez CRD. Calcificación del ligamento flavum ocasionando estenosis y radiculopatía lumbar: reporte de caso y revisión de la literatura. *Cir Columna*. 2025; 3 (2): 121-125. <https://dx.doi.org/10.35366/119622>



mechanisms of ligament calcification in the lumbar spine are associated with high mechanical stress in this segment, it has been demonstrated that humoral and genetic factors also play an important role for ligament calcification, this suggests that ligamentum flavum calcification is related to alterations in bone metabolism associated with intrinsic factors such as mechanical factors. There are few cases reported in the literature of radicular presentation associated with calcification of the ligamentum flavum in the lumbar spine. In young patients, it may clinically manifest as lumbar myeloradiculopathy. The cauda equina syndrome resulting from compression of the nerve roots consists of lumbar pain, uni or bilateral radicular pain, sensory disorders and alterations in the sexual and/or sphincteric sphere. The most common cause of this syndrome is an extruded disc herniation; however, any lesion that causes compression of the nerve roots distal to the conus medullaris, whether due to tumors, trauma, calcification or ossification of ligament structures and post-surgical complications will result in cauda equina syndrome. We present the case of a 35-year-old female patient with calcification of the ligamentum flavum in the lumbar spine presenting radiculopathy, alterations in sensibility and urinary incontinence. Magnetic resonance imaging showed compression of the cauda equina at L4-L5 on the left side. Decompressive laminectomy of L4 and L5 with resection of the calcified ligamentum flavum was performed. Histopathological findings showed acellular hyaline changes and dystrophic calcifications of the ligamentum flavum. Alterations in sensation and urinary incontinence improved after surgery. The understanding of the external factors, the pathogenesis and the clinical presentation supported by imaging studies guide us to the diagnosis of this rare condition.

INTRODUCCIÓN

La calcificación del ligamento flavum es una condición que cualquier cirujano de columna debe mantener en alto índice de sospecha. Las causas de estenosis del canal lumbar han sido ampliamente descritas, incluyen procesos degenerativos de las articulaciones y discos intervertebrales, eventos traumáticos, neoplásicos y condiciones congénitas. La evidencia en la literatura de la calcificación del complejo ligamentario en la columna cervical y en la columna torácica está bien descrita como causa de mielopatía en estas regiones.¹⁻³ Sin embargo, la presencia de calcificación del ligamento flavum en la columna lumbar continúa siendo un evento poco frecuente como causa de dolor radicular y déficit neurológico en esta región.^{4,5}

La calcificación del ligamento flavum es el resultado de la ruptura de sus fibras de elastina y su subsecuente metaplasia condral y posterior osificación endocondral. La etiología es multifactorial; tiene mayor incidencia en mujeres de edad avanzada, con cierta relación en la población japonesa.⁶⁻⁸ Se ha demostrado que dicho proceso está relacionado con diabetes mellitus, hipercalcemia, espondilitis anquilosante e hiperostosis.⁹ Por lo que la calcificación del ligamento tiene una estrecha relación con alteraciones en el metabolismo sistémico óseo con participación de factores humorales, hormonales y genéticos. Diferentes series de casos han demostrado la relación de realizar actividad física intensa, labores de trabajo demandantes y estrés mecánico, como causas asociadas a esta patología.¹⁰⁻¹²

Presentamos el caso de un paciente femenino de 35 años con calcificación del ligamento flavum en la columna lumbar que presenta radiculopatía con alteraciones en la sensibilidad e incontinencia urinaria en relación a un síndrome de cauda equina.

PRESENTACIÓN DEL CASO

Femenino de 40 años, la cual inicia con dolor en pierna izquierda catalogado como 8/10 en la escala visual analógica (EVA), acompañado de intolerancia al frío en pierna izquierda y aumento en la frecuencia para orinar. Los síntomas fueron progresando en un periodo de dos meses, lo que afectó sus actividades diarias; inicia con dolor en pierna izquierda, posteriormente con alteraciones en la sensibilidad de misma extremidad y por último con incontinencia urinaria. La paciente tenía el antecedente de jornadas largas como cirujana general y como pasatiempo senderismo en periodos frecuentes. La exploración neurológica demostró disminución de la fuerza en la extremidad pélvica izquierda distal 4/5, alteraciones en los dermatomas izquierdos de L4 y L5 con disestesia e hipoestesia. La exploración urológica demostró hipoactividad del músculo detrusor en las pruebas urodinámicas con incontinencia por rebosamiento. La resonancia magnética evidenció estenosis con compresión de la cauda equina del nivel L4-L5 con predominio izquierdo (*Figura 1*). Se realizó laminectomía descompresiva de L4-L5 y resección del ligamento flavum calcificado con fijación de L4-L5. La evaluación histológica del espécimen reportó cambios degenerativos del ligamento flavum

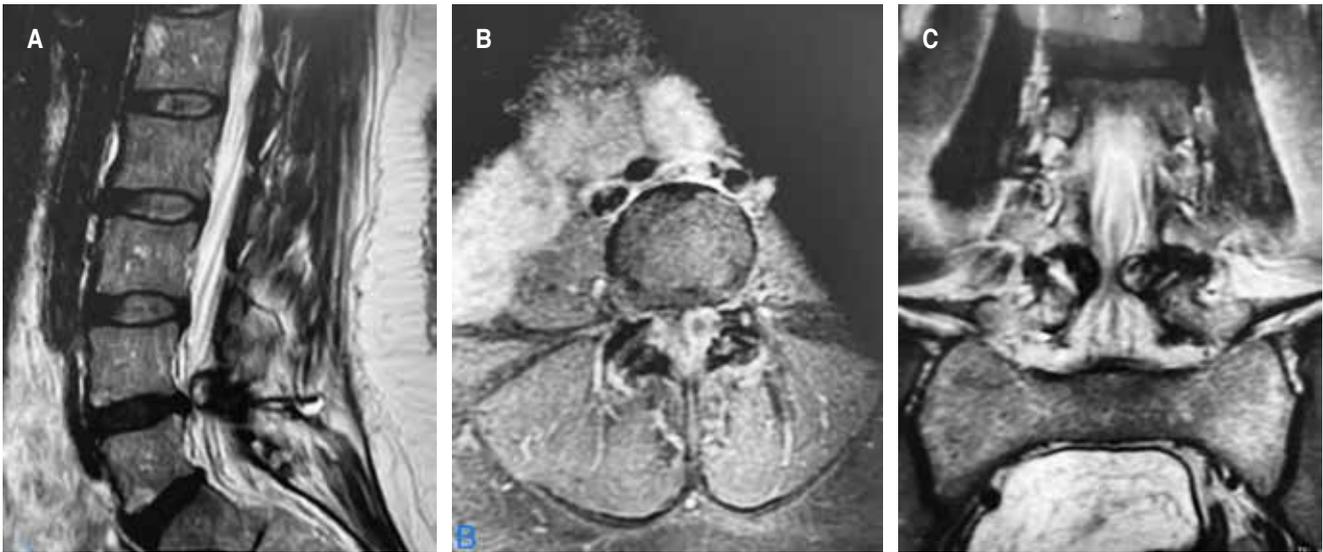


Figura 1: A) Resonancia magnética (RM) sagital T2 se observa estenosis con compresión de la cauda equina a nivel de L4-L5 con predominio izquierdo. B) RM axial T2 con compresión de la raíz nerviosa izquierda de L4-L5. C) RM coronal con estenosis de canal lumbar L4-L5 izquierdo.

con esclerosis de éste, cambios hialinos acelulares y calcificaciones distróficas (Figura 2). Las alteraciones en la sensibilidad de la pierna afectada mejoraron en el postquirúrgico y en el seguimiento de la paciente por dos años, permitiendo realizar actividad física moderada y mejora en su calidad de vida (Figura 3).

DISCUSIÓN

El ligamento flavum es una estructura que conecta las láminas de las vértebras adyacentes de C2 a S1; está compuesto por abundantes fibras de elastina, lo cual le proporcionan su aspecto amarillo característico. La degeneración del ligamento con el paso de los años incluye disminución de las fibras de elastina, hipertrofia de éste, calcificación y osificación.^{13,14} Los hallazgos microscópicos en las muestras analizadas de la columna cervical, torácica y lumbar sugieren una vía común en el desarrollo del proceso de calcificación del ligamento, incluyendo depósito de cristales de hidroxapatita, islas de calcificación en el ligamento, osificación laminar, presencia de condrocitos y osteoblastos, iniciando con una ruptura de las fibras de elastina del ligamento, remplazo del colágeno tipo II por colágeno tipo I, proliferación de las fibras de colágeno, depósitos de cristales de calcio, condrometaplasia y osificación endocondral.¹⁵⁻¹⁷

Es importante tener en cuenta lo reportado en la literatura existente en relación a que la presencia de

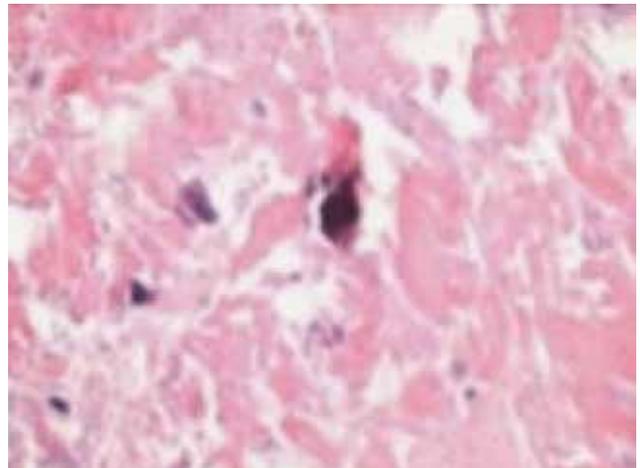


Figura 2: Imagen histológica de muestra de ligamento con evidencia de ligamento amarillo esclerótico con cambios hialinos acelulares y calcificación distrófica.

calcificación del ligamento flavum en un segmento de la columna está relacionado con una alta probabilidad de afección en otro segmento de la columna vertebral; los pacientes con afección ligamentaria lumbar tienen una tasa alta de calcificación coexistente en la columna torácica y cervical. Recientemente se ha demostrado que esta afección multinivel es más frecuente en pacientes obesos, sugiriendo a la leptina

como la hormona que actúa sobre los osteoblastos y condrocitos para promover la formación ósea. Los factores genéticos como el gen COL6A1 aumenta la susceptibilidad de esta enfermedad, especialmente en población asiática.¹⁸

Los síntomas y signos neurológicos incluyen una mielopatía gradual; estos se desarrollan debido a la compresión medular y de las raíces nerviosas involucradas por el ligamento osificado. Las alteraciones en la columna dorsal de la medula espinal tienen baja tasa de recuperación debido a la compresión directa por la osificación del ligamento.¹⁹

El estrés mecánico repetido sobre el ligamento amarillo ha sido reportado como un promotor para la osificación del ligamento flavum. La sumatoria de otros factores relacionados con la vida diaria, como trabajo pesado y actividad física intensa, contribuyen a la degeneración prematura del ligamento. Con su trabajo como cirujana general y su pasatiempo realizando senderismo de manera frecuente, la paciente tenía factores que probablemente influyeron en el desarrollo de esta condición. Por lo tanto, hipotetizamos que el estrés mecánico de la columna lumbar aunado a factores locales jugó un rol importante en la degeneración, metaplasia y osificación del ligamento flavum en este caso. La mejoría clínica significativa se puede obtener con un diagnóstico y tratamiento oportunos. El desarrollo gradual retrasa el diagnóstico, ya que, en la mayoría de los casos, no se da un deterioro

neurológico agudo, lo que provoca una recuperación pobre de la sintomatología neurológica.

La cirugía por descompresión de los niveles afectados y la resección del ligamento osificado es el tratamiento de elección para resolver la compresión sobre las estructuras nerviosas, lo que proporciona, en la gran mayoría de pacientes, mejoría sintomática.^{19,20} En este caso se realizó una laminectomía descompresiva de L4 y L5 con resección del ligamento flavum osificado más fijación lumbar transpedicular L4-L5. En el seguimiento postquirúrgico realizado al mes, seis meses, al año y dos años, la paciente presentó mejoría en la sensibilidad y en el control de esfínter urinario.

CONCLUSIONES

La calcificación del ligamento flavum es una causa rara de mielopatía, siendo poco común en la región lumbar. La causa de esta formación de calcificaciones continúa en estudio para poder comprenderse. Es probable que los trastornos bioquímicos junto con factores mecánicos causen la calcificación. Esta condición requiere un alto índice de sospecha para su diagnóstico y tratamiento oportuno, llevando mejores tasas de recuperación cuando se realiza así. Este caso se basa en el estrés mecánico del ligamento como factor desencadenante de la calcificación, enfatizando en la evaluación clínico-radiológica y la descompresión

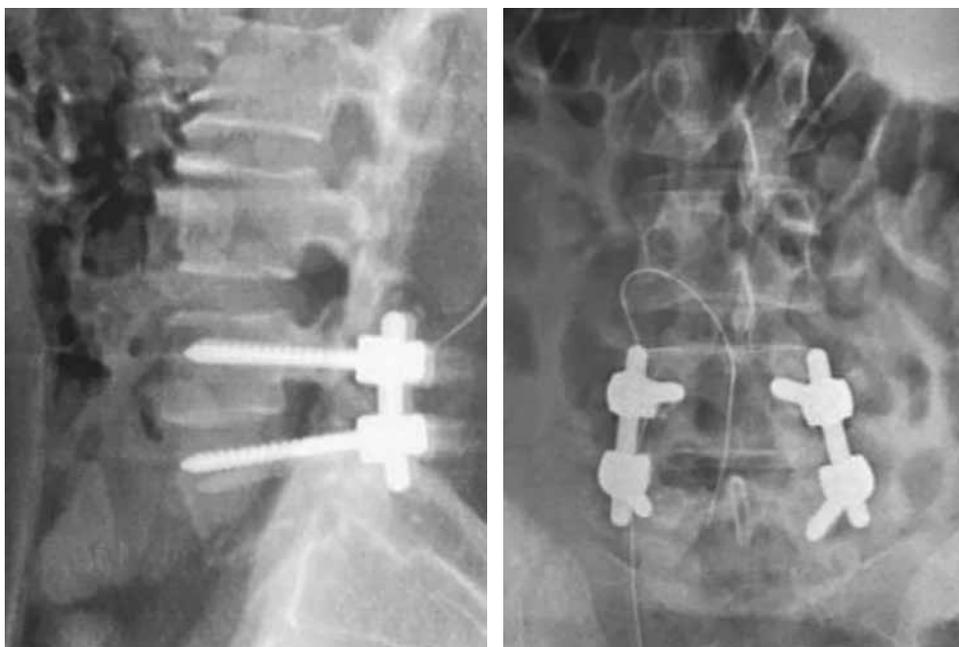


Figura 3:

Radiografías postquirúrgicas con tornillos transpediculares L4-L5.

oportuna de los elementos neurales como factores para obtener un buen pronóstico clínico.

REFERENCIAS

1. Ando K, Imagama S, Ito Z, Kobayashi K, Ukai J, Muramoto A, et al. Progressive relapse of ligamentum flavum ossification following decompressive surgery. *Asian Spine J.* 2014; 8: 835-839. doi: 10.4184/asj.2014.8.6.835.
2. Yamada T, Torigoe I, Sakai K, Okawa A, Arai Y. Contiguous multilevel thoracic ossification of ligamentum flavum in a young adult spine. *Case Rep Orthop.* 2019; 2019: 1640485. doi: 10.1155/2019/1640485.
3. Hirabayashi S. Ossification of the ligamentum flavum. *Spine Surg Relat Res.* 2017; 1: 158-163. doi: 10.22603/ssrr.1.2016-0031.
4. Ono K, Yonenobu K, Miyamoto S, Okada K. Pathology of ossification of the posterior longitudinal ligament and ligamentum flavum. *Clin Orthop Relat Res.* 1999; 359: 18-26. doi: 10.1097/00003086-199902000-00003.
5. Hirai T, Korogi Y, Takahashi M, Shimomura O. Ossification of the posterior longitudinal ligament and ligamentum flavum: imaging features. *Semin Musculoskelet Radiol.* 2001; 5: 83-88. doi: 10.1055/s-2001-15657.
6. Xu Y, Zhang Y, Luo Y, Qiu G, Liu Y, Zhao W, et al. Thoracic ossification of the ligamentum flavum causing Brown-Séquard syndrome: a case report and literature review. *J Int Med Res.* 2022; 50: 3000605221110069. doi: 10.1177/03000605221110069.
7. Ren L, Hu H, Sun X, Li F, Zhou JJ, Wang YM. The roles of inflammatory cytokines in the pathogenesis of ossification of ligamentum flavum. *Am J Transl Res.* 2013; 5: 582-585.
8. Kagi S, Ciurea A, Micheroli R. Ossification of the ligamentum flavum. *Rheumatology (Oxford).* 2020; 59: 1616. doi: 10.1093/rheumatology/kez581.
9. Nishikawa M, Yoshimura M, Naito K, Yamagata T, Goto H, Hara M, et al. The symptomatic calcification and ossification of the ligamentum flavum in the spine: our experience and review of the literature. *J Clin Med.* 2023; 13: 105. doi: 10.3390/jcm13010105.
10. Takahashi T, Hanakita J, Minami M. Pathophysiology of calcification and ossification of the ligamentum flavum in the cervical spine. *Neurosurg Clin N Am.* 2018; 29: 47-54. doi: 10.1016/j.nec.2017.09.016.
11. Zhao Y, Xiang Q, Jiang S, Wang L, Lin J, Sun C, et al. Prevalence, diagnosis, and impact on clinical outcomes of dural ossification in the thoracic ossification of the ligamentum flavum: a systematic review. *Eur Spine J.* 2023; 32: 1245-1253. doi: 10.1007/s00586-023-07625-4.
12. Feng FB, Sun CG, Chen ZQ. Progress on clinical characteristics and identification of location of thoracic ossification of the ligamentum flavum. *Orthop Surg.* 2015; 7: 87-96. doi: 10.1111/os.12165.
13. Rahimizadeh A, Asgari N, Soufiani H, Rahimizadeh S. Ossification of the cervical ligamentum flavum and case report with myelopathy. *Surg Neurol Int.* 2018; 9: 263. doi: 10.4103/sni.sni_308_18.
14. Muthukumar N. Dural ossification in ossification of the ligamentum flavum: a preliminary report. *Spine (Phila Pa 1976).* 2009; 34: 2654-2661. doi: 10.1097/BRS.0b013e3181b541c9.
15. Sun J, Du P, Shen Y. Risk factors for poor outcomes of thoracic ossification of ligamentum flavum after laminectomy. *Med Sci Monit.* 2022; 28: e935711. doi: 10.12659/MSM.935711.
16. Kanno H, Takahashi T, Aizawa T, Hashimoto K, Itoi E, Ozawa H. Recurrence of ossification of ligamentum flavum at the same intervertebral level in the thoracic spine: a report of two cases and review of the literature. *Eur Spine J.* 2017; 27: 359-367. doi: 10.1007/s00586-017-5281-6.
17. Wang W, Kong L. Ossification of ligamentum. *J Neurosurg Spine.* 2007; 6: 96. doi: 10.3171/spi.2007.6.1.96.
18. Nakabachi K, Endo T, Takahata M, Fujita R, Koike Y, Suzuki R, et al. Lumbar ossification of the ligamentum flavum reflects a strong ossification tendency of the entire spinal ligament. *Sci Rep.* 2023; 13: 638. doi: 10.1038/s41598-023-27650-z.
19. Fujimoto K, Kanchiku T, Imajo Y, Suzuki H, Yoshida Y, Nishida N, et al. Neurologic findings caused by ossification of ligamentum flavum at the thoracolumbar junction. *J Spinal Cord Med.* 2015; 40: 316-320. doi: 10.1080/10790268.2015.1118185.
20. Ahn DK, Lee S, Moon SH, Boo KH, Chang BK, Lee JI. Ossification of the ligamentum flavum. *Asian Spine J.* 2014; 8: 89-96. doi: 10.4184/asj.2014.8.1.89.

Conflicto de intereses: los autores declaran no tener conflicto de intereses para la publicación de este trabajo.



Abril-Junio 2025
Vol. 3, núm. 2 / pp. 126-132

Recibido: 24 de Mayo de 2024
Aceptado: 19 de Junio de 2024

doi: 10.35366/119623



Sarcoma de Ewing extraóseo intradural extramedular: reporte de caso

Extrasosseous intradural extramedular Ewing sarcoma: case report

Carlos Damián Tamayo-Gómez,* Alejandro Rodríguez-Messina,[‡]
Ricardo Erik Robles-Ortiz,^{‡,§} Olivia María Sosa-Rascón,[‡]
Fabián Ramírez-Hernández,[‡] Manuel Esaú Tamayo-Gómez[¶]

Palabras clave:
sarcoma de Ewing,
neoplasias óseas, lesiones
medulares, cervicalgia,
procedimientos quirúrgicos.

Keywords:
*ewing Sarcoma, bone
neoplasms, spinal
injuries, neck pain,
surgical procedures.*

RESUMEN

El sarcoma de Ewing (SE) es una tumoración maligna que generalmente se presenta en varones de edad pediátrica. Su localización en el cuello es rara, siendo excepcional la presentación de forma extraósea en dicha zona (3.4%), más aún si es intradural extramedular. La presencia de un cuadro clínico inespecífico dificulta su detección temprana, la cual tiende a darse cuando el tumor produce compromiso medular, que amerita abordaje quirúrgico urgente. Presentamos el caso de una paciente femenina de 49 años con cervicalgia de dos años de evolución, que posterior a una agudización sintomática con duración de un mes, presentó hemiparesia derecha y pérdida de control de esfínteres. El abordaje diagnóstico con resonancia magnética mostró abombamiento multidireccional de anillo fibroso de 300 × 300 × 100 mm, localizado en C3-T1 que comprimía el saco dural más compromiso neuroforaminal bilateral. Manejo quirúrgico por medio de abordaje cervical posterior más estabilización a masas laterales de C3 a C7, con un reporte histopatológico de sarcoma de Ewing complementado con detección de la translocación t(11;22)(q24;q12) de EWSR1. Posterior a la cirugía, la paciente mostró mejoría con independencia para actividad laboral y vida diaria.

ABSTRACT

Ewing sarcoma (ES) is a malignant tumor that generally occurs in pediatric males. Its location in the neck is rare, with extrasosseous presentation in this area being exceptional (3.4%), even more if it is extramedullary intradural. The presence of non-specific clinical symptoms makes early detection difficult, which tends to occur when the tumor causes spinal cord involvement, requiring an urgent surgical approach. We present the case of a 49-year-old female patient with neck pain of two years' duration, who after a symptomatic exacerbation lasting one month, presented right hemiparesis and loss of sphincter control. Diagnostic approach with magnetic resonance imaging showed multidirectional bulging of the annulus fibrosus measuring 300 × 300 × 100 mm, located at C3-T1 that compressed the dural sac plus bilateral neural foraminal involvement. Surgical management through a posterior cervical approach plus stabilization of lateral masses from C3 to C7, with a histopathological report of Ewing sarcoma complemented by detection of the t(11;22)(q24;q12) translocation of EWSR1. After surgery, the patient showed improvement with independence in work activity and daily life.

* Residente de cuarto año de la Especialidad de Traumatología y Ortopedia. Hospital Regional Puebla (HRP), ISSSTE. Puebla, Puebla, México. ORCID: 0000-0003-4710-896X

[‡] Médico especialista en Traumatología y Ortopedia, HRP, ISSSTE. Puebla, Puebla, México. Alta Especialidad en Cirugía de Columna Vertebral.

[§] ORCID: 0009-0001-3032-0297

[¶] Médico pasante del Servicio Social. Tecnológico de Monterrey, Campus Guadalajara. Guadalajara, Jalisco, México. ORCID: 0000-0002-9321-4467

Correspondencia:
Manuel Esaú Tamayo-Gómez
E-mail:
manueltamayomd@hotmail.com

Citar como: Tamayo-Gómez CD, Rodríguez-Messina A, Robles-Ortiz RE, Sosa-Rascón OM, Ramírez-Hernández F, Tamayo-Gómez ME. Sarcoma de Ewing extraóseo intradural extramedular: reporte de caso. *Cir Columna*. 2025; 3 (2): 126-132.
<https://dx.doi.org/10.35366/119623>



Abreviaturas:

- ED = escala de Daniels
 FISH = hibridación fluorescente *in situ* (*Fluorescence In Situ Hybridization*)
 RM = resonancia magnética
 SE = sarcoma de Ewing
 SEE = sarcoma de Ewing extraóseo
 SEEIE = sarcoma de Ewing extraóseo intradural extramedular
 SOE = sarcoma óseo de Ewing
 TNP = tumor neuroectodérmico primitivo

INTRODUCCIÓN

El sarcoma de Ewing (SE) fue descrito por primera vez en 1921 por James Ewing; en la actualidad engloba una diversa familia de tumores que comprenden al sarcoma óseo de Ewing (SOE), el SE extraóseo (SEE), tumores neuroectodérmicos primitivos (TNP) periféricos, el tumor de Askin (TNP de la pared torácica) y el SE atípico.^{1,2} Representa el segundo tumor óseo maligno más frecuente, con predicción por el sexo masculino; afecta principalmente a niños y adolescentes, siendo hasta el 95% de los pacientes menores de 25 años. Además de la edad, presentar raza caucásica como antecedente de macrosomía al nacimiento, han sido reportados por la literatura como factores de riesgo.³⁻⁵ Se origina comúnmente en huesos largos (47%) (destacando la diáfisis del fémur y tibia), pelvis (19%) o costillas (12%); sin embargo, puede aparecer también en tejidos blandos.^{3,6}

En México, los datos epidemiológicos muestran similitudes con lo reportado por literatura internacional. Acorde al Registro de Cáncer en Niños y Adolescentes, del subgrupo de tumores óseos, 27.1% correspondió a SE, figurando como el segundo tumor óseo más frecuente (después del osteosarcoma); asimismo, el sitio de aparición con mayor prevalencia correspondió a los huesos largos de la extremidad inferior (31.03%).⁷ El tamaño y la localización tumoral determinan la sintomatología del SEE; mientras que la presencia de dolor localizado, edema o pérdida de peso, se correlaciona más con el SOE.⁸

Característicamente, presenta la translocación balanceada t(11;22)(q24;q12), donde 80-90% de los pacientes manifiestan un reordenamiento que fusiona el gen de la región 1 del punto de rotura del SE (EWSR1) en el cromosoma 22, con el factor de transcripción 1 de integración de leucemia de Friend (FLI1) en el cromosoma 11, originando la proteína de transcripción de fusión EWSR1-FLI1, ésta provoca expresión de genes de la cresta neural en diversas estirpes celulares que promueve el desarrollo tumoral.^{9,10}

El diagnóstico es complejo, siendo necesaria la confirmación mediante estudio histopatológico. En

el microscopio óptico se observan células pequeñas, azules, redondas, con núcleos hipercromáticos basófilos centralmente colocados.¹¹⁻¹³ Inmunohistoquímicamente, la expresión prominente en la membrana de CD99 (97% de los casos), NKX2.2, CD56 y sinaptofisina, respaldan el diagnóstico.^{6,13} La literatura actual reporta como el estándar de oro, la identificación de la translocación de EWSR1 por técnica hibridación fluorescente *in situ* (FISH) o por reacción en cadena de la polimerasa (PCR).^{8,14,15} En esta patología los estudios de imagen pueden ser usados para orientación diagnóstica, más no sustituyen el diagnóstico histopatológico. La radiografía simple expone datos de osteólisis permeativa, laminación perióstica (“piel de cebolla”), elevación perióstica causada por masa tumoral (“triángulo de Codman”), aunado a lesiones óseas destructivas con circunscripción débil (“patrón apollillado”). Mientras que la resonancia magnética (RM) exhibe una masa tumoral sólida en el hueso con baja intensidad de señal en fase T1 y alta intensidad de señal en fase T2, con una zona de transición pronunciada en la porción ósea del tumor.^{3,4,16}

Es importante la detección como tratamiento temprano de las metástasis, ya que hasta el 20% está presente al momento del diagnóstico, siendo el pulmón el sitio más afectado. El impacto recae en la disminución de la tasa de supervivencia a cinco años de 40 a 20% cuando existe metástasis.^{1,17}

El plan de tratamiento debe adaptarse a la edad del paciente, la ubicación, extensión, tamaño y viabilidad de extirpación total del tumor, entre otros factores.³ A menos que los procedimientos quirúrgicos no sean obligatorios durante el diagnóstico (compresión medular), generalmente el tratamiento inicial implica quimioterapia (QT) de inducción con vincristina, ifosfamida, doxorubicina y etopósido, durante seis ciclos con intervalos de dos a cuatro semanas; para proceder a la resección local del tumor, cuando ésta no es posible, se opta por radioterapia (RT) (dosis de 45 a 54 Gray).^{1,2,4,18}

PRESENTACIÓN DEL CASO

Se trata de una paciente femenina de 49 años de edad, con antecedente de importancia la resección de un ganglio cervical (sin especificar lado) hace 12 años, cuyo resultado histopatológico fue negativo para neoplasia. La paciente negó transfusiones, alergias, así como enfermedades crónico-degenerativas. Mencionó antecedentes oncológicos familiares de cáncer de páncreas (tío paterno), cáncer de colon y de médula ósea no especificado (abuelo materno).

Durante el interrogatorio directo, refirió el inicio de su padecimiento denotando una cervicalgia con dos años de evolución, intermitente, exacerbada al realizar actividad física, que presentaba mejoría parcial con reposo y analgésicos orales. Un mes previo al ingreso a nuestro servicio, acudió con médico facultativo por agudización de cervicalgia, siendo solicitada una RM simple de columna cervical que reportó una neoformación cervical. Tres semanas después, presentó hemiparesia derecha y pérdida del control de esfínteres, por lo cual acudió a nuestro hospital para valoración. La exploración física reveló en la extremidad superior derecha una fuerza 3/ 5 en escala de Daniels (ED), sensibilidad 1/2 de C5 a distal, asimismo signo de Hoffman positivo. La extremidad inferior derecha

mostró fuerza 3/5 ED, más hiperreflexia en reflejos de estiramiento muscular L4 y S1. Se observó limitación a la marcha como bipedestación a expensas de debilidad en extremidad inferior derecha. Por lo anterior, se solicitó una RM simple de columna cervical y torácica, la cual evidenció abombamiento multidireccional de anillo fibroso de 300 × 300 × 100 mm, localizado en C3-T1 que comprimía el saco dural, lo que ocasiona compromiso neuroforaminal bilateral con raíces intracanaliculares, articulaciones cigapofisarias y unciformes con esclerosis e hipertrofia facetaria de todo el segmento, condicionando estenosis foraminal bilateral desde C4-C5 hasta C7-T1 (Figura 1).

Debido al tamaño de la tumoración, su localización, así como al compromiso funcional de las estructuras



Figura 1: Resonancia magnética en fase T2. **A)** Corte coronal donde se muestra remodelamiento de conducto cervical. **B)** Corte sagital, observándose una tumoración la cual compromete C3-T1 (flecha). **C)** Corte transversal, que exhibe un conducto cervical de C4-T1 paracentral, con afectación foraminal de predominio derecho.

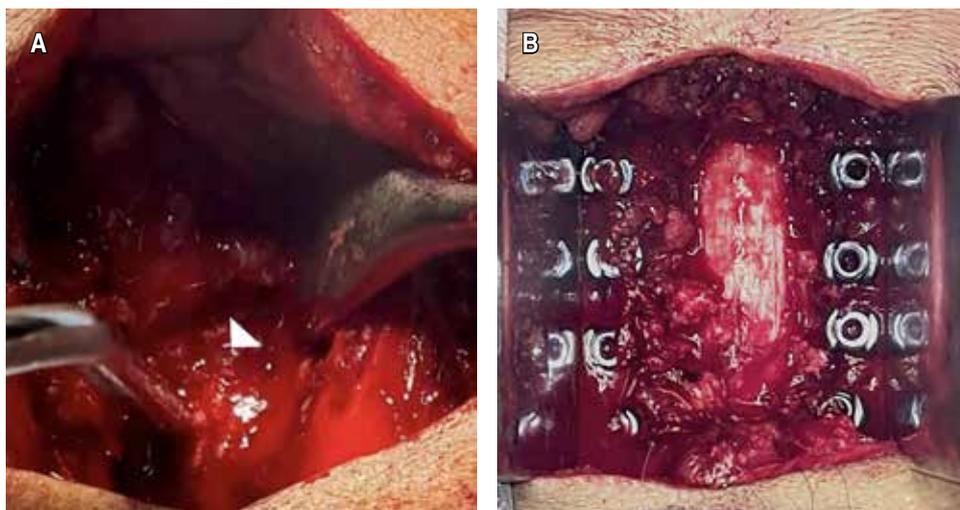
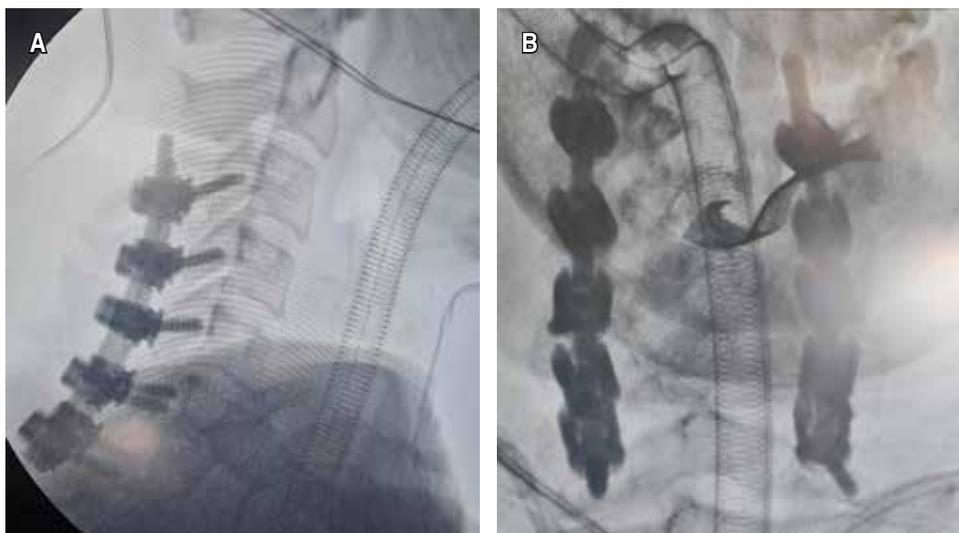


Figura 2:

A) Exposición de tumoración que compromete médula espinal (cabeza de flecha). **B)** Resección completa de tumoración donde se observa médula espinal cervical libre con instrumentación de masas laterales de C3-C7 con tornillos poliaxiales previa colocación de barras de titanio.

Figura 3:

Control fluoroscópico. **A)** Vista lateral de columna cervical, con instrumentación a masas laterales de C3 a C7. **B)** Vista posteroanterior de columna cervical postinstrumentación.



anatómicas, se decidió un manejo quirúrgico con diagnóstico preoperatorio de tumor intrarraquídeo extradural en estudio, aunado a conducto cervical estrecho en C4-C6. Se optó por un abordaje cervical posterior más estabilización de masas laterales de C3 a C7 con colocación de injerto óseo heterólogo (Figuras 2 y 3).

El acto quirúrgico se llevó a cabo sin complicaciones. Se envió una biopsia de la tumoración para su estudio histopatológico (Figura 4), el cual reportó que se trataba de una neoplasia de células pequeñas redondas y azules, con inmunofenotipo: CD99+, S100+, SOX10-, GFAP-, TLE1+ (focal), sinaptofisina+ (débil). Lo anterior conllevó a realizar una FISH que determinó positiva la translocación t(11:22). Integrando la localización tumoral más los resultados de anatomía patológica, se concluyó el diagnóstico final de sarcoma de Ewing extraóseo intradural extramedular (SEEIE).

Posterior al manejo quirúrgico, el esquema terapéutico se complementó con rehabilitación y derivación al Servicio de Oncología, que la consideró candidata a radioterapia de consolidación (25 sesiones con acelerador lineal fotones de energía 6 milivoltios por técnica conformacional tridimensional en médula espinal) y quimioterapia; esta última no fue aceptada por la paciente debido a razones personales. En la última evaluación a 16 meses del evento quirúrgico (Figura 5), la paciente presentó marcha eubásica, tolerancia en arcos de movilidad de columna cervical, ausencia de cervicalgia, recuperación de fuerza y movilidad (tanto extremidades superiores como inferiores presentan sensibilidad 2/2 de C5 a distal bilateral, fuerza 5/5 ED). Actualmente nuestra paciente está reincorporada a sus



Figura 4. Hallazgos macroscópicos del espécimen resecado, compuesto por una tumoración poliédrica de superficie irregular, consistencia blanda, color café.

actividades de la vida diaria, continua en rehabilitación, practica yoga y natación.

DISCUSIÓN

Mencionado inicialmente en 1969 por el Dr. Melvin Tefft, el SEE representa aproximadamente 20-30% de la familia de SE, siendo excepcional su localización en la columna vertebral (3.5%); de éstos, 20-24% son

extramedulares intradurales. En lo epidemiológico, comparte con el SOE predilección por sexo masculino y las extremidades como zonas más afectadas, pero la edad al diagnóstico es mayor (29-32 años).^{9,13,19} Cuando su origen es medular, se presenta como una masa de tejido blando comúnmente paravertebral; con una clasificación ya sea de tipo sacral (de carácter agresivo resistente a tratamiento) o no sacral (que abarca la región lumbar, tórax, y columna medular), que debido a su ubicación puede mimetizar otras entidades (schwannomas, neurofibromas, meningiomas, metástasis).^{11,12,20}

La sintomatología del SEE en la región cervical varía acorde al grado de compresión y al nivel de ubicación medular; pero la ausencia de signos y biomarcadores específicos propios de las primeras etapas, aunado al rápido crecimiento en un corto periodo de tiempo, conlleva al diagnóstico en etapas avanzadas, tan pronto estos tumores agresivos compriman estructuras circundantes, provocando síntomas.^{6,14,20} Parestesias (67%), paresia (67%), cervicalgia (33%) e incontinencia urinaria (33%), conforman con mayor prevalencia el cuadro clínico al presentarse la lesión en cervicales; su progresión es gradual (de uno a 12 meses), con promedio de 42 días desde la agudización sintomatológica hasta la primera operación.^{14,21} Otros síntomas descritos son limitación a la movilización cervical, déficit del estado neurológico, hiporreflexia.^{1,13} Lo expuesto previamente, es compa-

tible con lo acontecido en nuestro caso: agudización sintomatológica que evolucionó en un corto periodo de tiempo a una disfunción neurológica compuesta por los síntomas predominantes acorde a lo reportado, donde la particularidad de este caso recae en un sexo infrecuente (femenino en lugar de masculino) además de una edad mayor de presentación (cuarta década de la vida en lugar de tercera o segunda), contrario a lo publicado con anterioridad.

No se han reportado signos imagenológicos específicos para el SEEIE, aunque por lo general en la radiografía simple esta neoplasia maligna se describe como una tumoración de tejidos blandos no calcificados bien circunscritos.¹ En coligación, la RM (modalidad de imagen preferida para detección tumoral) muestra una señal isointensa a hiperintensa en fase T1 e hiperintensa en fase T2; acorde al tamaño los tumores más pequeños parecen homogéneos, mientras los más grandes de apariencia heterogéneos subsecuente a hemorragia o necrosis en áreas internas.²⁰

Llegar al diagnóstico del SEEIE es un reto; necesita una correlación cuidadosa entre la historia clínica, citomorfología, histopatología, análisis inmunohistoquímico y molecular. Si la ubicación del tumor es inusual, verbigracia la paciente del caso, la realización de estudios más finos (FISH) para detectar la translocación característica se convierte en un parteaguas dentro del proceso.¹¹

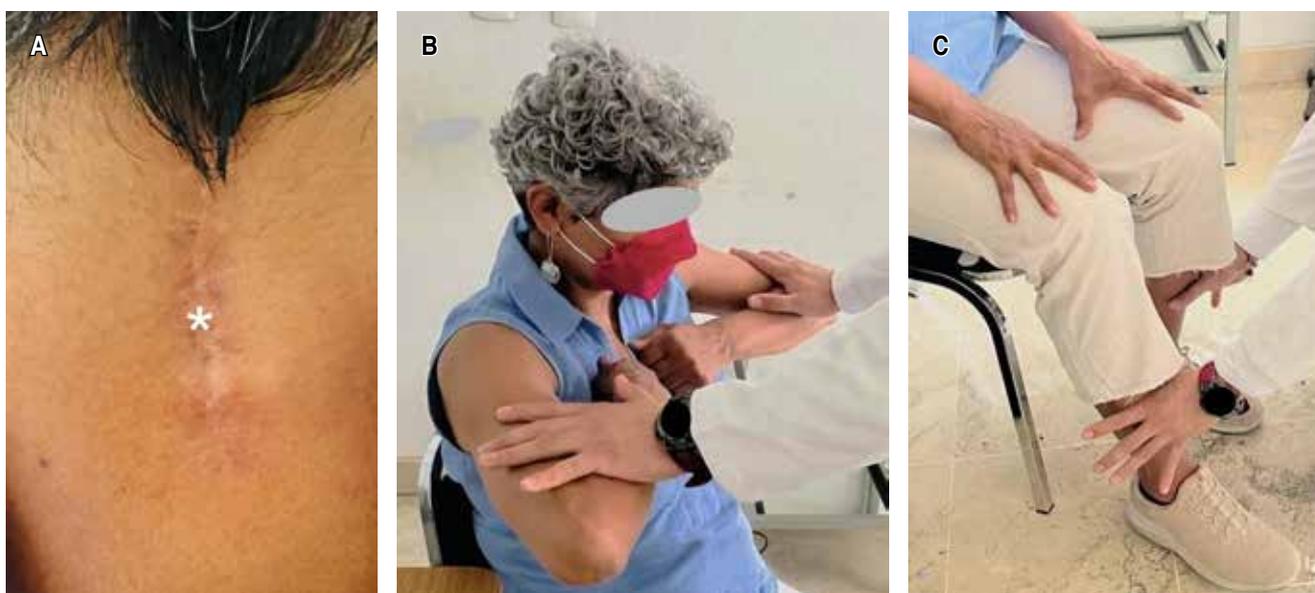


Figura 5: A) Cicatriz postoperatoria (asterisco) a 16 meses del abordaje quirúrgico. B) Evaluación de la fuerza de extremidades superiores posterior a 16 meses de resección del sarcoma. C) Evaluación de la fuerza de extremidad inferior derecha.

Similar al caso presentado, el debut clínico tumoral con manifestaciones neurológicas de forma aguda es el factor decisivo en su tratamiento, pues sólo la descompresión quirúrgica rápida proporcionará las mejores posibilidades de restauración en tales casos.³ En este momento no existen guías mexicanas, ni alguna otra aceptada por la gran mayoría de países, que describan en específico el abordaje o tratamiento del SEEIE, lo que implica la obtención de información basado con asiduo de reportes de casos. Múltiples autores recomiendan una estrategia de tratamiento para el SEE con la combinación de quimioterapia más cirugía, o en casos selectos radioterapia postoperatoria.¹⁹ El objetivo de emplear quimioterapia neoadyuvante es eliminar micrometástasis visibles junto la reducción en tamaño de tumores primarios, para facilitar su resección quirúrgica.¹⁹ Existe un gran consenso del tratamiento local a través de la resección quirúrgica del tumor. Esta modalidad presenta ventajas adicionales, por ejemplo, la prevención de recurrencia tardía de células quimiorresistentes o la evaluación de necrosis tumoral inducida por quimioterapia; pero si la tumoración se localiza en cervicales, la cirugía mejorará el control local aunque no necesariamente significa un mayor beneficio a la supervivencia global, esto secundario a una resección tumoral extensiva difícil por las estructuras comprendidas dentro de la zona.^{17,19} Conjuntada con cirugía, la radioterapia neoadyuvante preoperatoria se debe considerar ante la mala respuesta a quimioterapia o un alto riesgo de márgenes quirúrgicos positivos en la escisión quirúrgica. Mientras la radioterapia postoperatoria adyuvante se recomienda en caso de márgenes positivos, enfermedad residual o mala respuesta a la quimioterapia preoperatoria, realizarla cuando la tumoración es medular, con integración del eje craneoespinal, ha demostrado mejorar la supervivencia libre de progresión y global.^{9,14,19}

El pronóstico pobre del SEEIE (supervivencia libre de progresión 36.4% a un año, 36.4% a dos años y 12.1% a cinco años; tasa de supervivencia global de 72.7% a un año, 62.3% a dos años, 46.8% a cinco años) se ha intentado explicar con diversas hipótesis: la resección subtotal intralesional permite la diseminación tumoral a través del líquido cefalorraquídeo, los beneficios de quimioterapia neoadyuvante son omitidos debido a una resección quirúrgica urgente por compromiso medular, o incapacidad de obtener márgenes negativos.^{1,9} Los factores de peor pronóstico identificados con mayor prevalencia son: edad (pacientes > 27 años debido al riesgo de comorbili-

dades), raza (raza negra), tamaño (diámetro mayor de 8 cm), presencia de metástasis (un volumen tumoral > 100 cm³ tiene mayor riesgo metastásico) y la localización de ésta (mejor pronóstico en pulmones, peor en hueso); fiebre, anemia, elevación de lactato deshidrogenasa al diagnóstico, o un corto periodo de tiempo desde la instauración de síntomas, también se han reportados dentro la literatura actual.^{6,11,17,19,22}

CONCLUSIONES

La baja incidencia del SEEIE de localización cervical, teniendo en cuenta una presentación clínica ambigua, conlleva un reto para su diagnóstico oportuno, sobre todo previo al compromiso neurológico. Asimismo, el empleo de las diversas tecnologías diagnósticas avanzadas toma un papel importante para lograr un diagnóstico completo en estas situaciones. El caso presentado invita a la comunidad médica a que todo paciente con cervicgia de larga evolución no explicada por traumatismo reciente, le sea solicitado un estudio de imagen para lograr un abordaje completo. Así como remarcar la importancia de la cirugía de columna empleada de forma pertinente para evitar la pérdida funcional y deterioro del estilo de vida de los pacientes.

REFERENCIAS

1. AlAtwan AA, Behbehani M, Ali AS. A rare presentation of extraosseous Ewing sarcoma manifesting as a dumbbell tumor on the nape of the neck. *Case Rep Surg.* 2022; 2022: 1-5. doi: 10.1155/2022/5451319.
2. Mungen E, Kurucu N, Kutluk T, Oguz KK, Soylemezoglu F, Yalcin B. Primary spinal multifocal intradural-extramedullary Ewing sarcoma in children: presentation of a case and review of the literature. *Turk J Pediatr.* 2021; 63: 1084-1090. doi: 10.24953/turkjpmed.2021.06.018.
3. Rentiya ZS, Nerella R, Thassu I, Inban P, Sheikh-Hanafy I, Kaur P. Post-radiotherapy complications in Ewing sarcoma: a case report and literature review. *Cureus.* 2024; 16: e51579. doi: 10.7759/cureus.51579.
4. Zollner SK, Amatruda JF, Bauer S, Collaud S, de Álava E, DuBois SG, et al. Ewing sarcoma-diagnosis, treatment, clinical challenges and future perspectives. *J Clin Med.* 2021; 10: 1685. doi: 10.3390/jcm10081685.
5. Wiemels JL, Wang R, Feng Q, Yee AC, Morimoto LM, Metayer C, et al. Birth characteristics and risk of Ewing sarcoma. *Cancer Causes Control.* 2023; 34: 837-843. doi: 10.1007/s10552-023-01737-4
6. Chen J, Wu S-Z, Tan J, Zhang Q-Y, Qin B-Q, Wang Y, et al. Primary Ewing sarcoma/peripheral primitive neuroectodermal tumors in the cranial bone and mobile

- spine: what is the difference? *BMC Surg.* 2022; 22: 4. doi: 10.1186/s12893-021-01452-4.
7. Secretaría de Salud, Gobierno de México. Registro de Cáncer en Niños y Adolescentes. Resultados 2019. 2019. Disponible en: https://www.gob.mx/cms/uploads/attachment/file/632369/RNCA_2019.pdf
 8. Xie N, Zhou Y. Clinical reasoning: longitudinally extensive spinal cord lesions in a middle-aged man. *Neurology.* 2022; 98: 419-424. doi: 10.1212/wnl.00000000000013260.
 9. Carballo-Cuello CM, de Jesus O, de Jesús-Espinosa A, Fernández-de Thomas RJ, Murray G, Pastrana EA. Prognosis and outcome of cervical primary extraosseous intradural extramedullary Ewing sarcoma: a systematic review. *Cureus.* 2022; 14: e26665. doi: 10.7759/cureus.26665.
 10. Khwaja R, Mantilla E, Fink K, Pan E. Adult primary peripheral PNET/Ewing's sarcoma of the cervical and thoracic spine. *Anticancer Res.* 2019; 39: 4463-4465. doi: 10.21873/anticancer.1361955.
 11. Praveen BK, Das S, Gupta M, Joshi D, Panwar H. Primary spinal intradural extramedullary Ewing's sarcoma/Peripheral neuroectodermal tumour masquerading clinically as a neurogenic tumour: a case report and review of literature. *Ann Neurosci.* 2023; 30: 251-255. doi: 10.1177/09727531231190979.
 12. Arena JD, Sinha S, Wathen C, Ghenbot Y, Zhang PJ, Welch WC. Primary intradural extraosseous Ewing's sarcoma of the L3 nerve root: illustrative case. *J Neurosurg Case Lessons.* 2024; 7: CASE23459. doi: 10.3171/case23459.
 13. Pu F, Liu J, Zhang Z, Guo T, Shao Z. Primary intradural extramedullary extraosseous Ewing's sarcoma/peripheral primitive neuroectodermal tumor (PIEES/PNET) of the thoracolumbar spine: a case report and literature review. *Open Med (Warsz).* 2021; 16: 1591-1596. doi: 10.1515/med-2021-0377.
 14. Chen J, Li M, Zheng Y, Zheng L, Fan F, Wang Y. Treatment outcomes and prognostic factors of patients with primary spinal Ewing sarcoma/peripheral primitive neuroectodermal tumors. *Front Oncol.* 2019; 9: 555. doi: 10.3389/fonc.2019.00555.
 15. Ito S, Iizuka Y, Nishinome M, Yanagawa T, Koshi H, Tokue A, et al. Primary epidural extra-osseous Ewing sarcoma/peripheral primitive neuroectodermal tumor of the cervical spine curatively treated by surgery and adjuvant chemoradiotherapy: a case report and review of the literature. *Interdiscip Neurosurg.* 2021; 23: 101013. doi: 10.1016/j.inat.2020.101013.
 16. Errani C, Tsukamoto S, Mavrogenis AF. Imaging analyses of bone tumors. *JBJS Rev.* 2020; 8: e0077. doi: 10.2106/jbjs.rvw.19.00077.
 17. Huang Z, Tong Y, Kong Q. The clinical characteristics, risk classification system, and web-Based nomogram for primary spinal Ewing sarcoma: a large population-Based cohort study. *Global Spine J.* 2023; 13: 2262-2270. doi: 10.1177/21925682221079261.
 18. Kersting J, Ranft A, Bhadri V, Brichard B, Collaud S, Cyprová S, et al. Effect of radiotherapy dose on outcome in nonmetastatic Ewing sarcoma. *Adv Radiat Oncol.* 2023; 8: 101269. doi: 10.1016/j.adro.2023.1012.
 19. Muratori F, Mondanelli N, Pelagatti L, Frenos F, Matera D, Beltrami G, et al. Clinical features, prognostic factors and outcome in a series of 29 extra-skeletal Ewing Sarcoma. Adequate margins and surgery-radiotherapy association improve overall survival. *J Orthop.* 2020; 21: 236-239. doi: 10.1016/j.jor.2020.03.018.
 20. Tiwari S, Yadav T, Pamnani J, Shukla K, Rao M, Gosal J, et al. Primary spinal epidural extraosseous Ewing's Sarcoma with brachial plexus infiltration. *Asian J Neurosurg.* 2020; 15: 1068-1071. doi: 10.4103/ajns.ajns_138_20
 21. Tan CH, Tan D, Phung TB, Lai LT. Primary intradural extramedullary Ewing sarcoma of the cervical spine: a case report and review of the literature. *J Clin Neurosci.* 2019; 66: 280-284. doi: 10.1016/j.jocn.2019.05.005.
 22. Kunwald M, Straszek CL, Bjarkam CR, Ettrup MS, Skajaa T, Thomsen JL, et al. Intradural extramedullary Ewing sarcoma in an adolescent female. *Adolesc Health Med Ther.* 2022; 13: 39-43. doi: 10.2147/ahmt.s349975.

Conflicto de intereses: los autores no presentan conflicto de intereses.



Abril-Junio 2025
Vol. 3, núm. 2 / pp. 133-138

Recibido: 16 de Julio de 2024
Aceptado: 3 de Agosto de 2024

doi: 10.35366/119624



Palabras clave:
tuberculosis espinal,
espondilodiscitis, cirugía
espinal, osteomielitis.

Keywords:
*spinal tuberculosis,
spondylodiscitis, spinal
surgery, osteomyelitis.*

* Traumatología y ortopedia. Cirugía de columna vertebral adscrito servicio Módulo de Columna UMAE No. 14. Veracruz, Veracruz, México. ORCID: 0000-0002-9099-9502

† Traumatología y ortopedia. Fellow en cirugía de columna vertebral, Grupo multicéntrico MTY-CDMX-Cancún. ORCID: 0000-0002-0391-6888

§ Traumatología y ortopedia. Cirugía de columna vertebral adscrito al servicio en ISSSTE Especialidades. Monterrey, Nuevo León, México. ORCID: 0009-0000-9191-9917

¶ Médico interno de pregrado en Instituto Nacional de Ciencias Médicas y Nutrición Salvador Zubirán. Ciudad de México, México. ORCID: 0009-0005-8651-0531

Correspondencia:
Andrés Villalvazo Barón
E-mail: abvillalvazo1@gmail.com

RESUMEN

Introducción: la tuberculosis vertebral es una de las infecciones más antiguas reportadas en la historia de la humanidad, de la cual están claramente establecidos los factores de riesgo predisponentes, así como los hallazgos de imagen obtenidos durante el protocolo diagnóstico. En cuanto a la solicitud de los estudios de laboratorio, pruebas de histopatología y estudios moleculares deberá de tenerse un alto grado de sospecha clínica para la realización de las mismas. Una vez establecido el diagnóstico se deberá de proceder a instaurar el tratamiento antifímico correspondiente establecido por la OMS, regulado en México por la NOM-006-SSA2-2013, el cual será el pilar fundamental del manejo; sin embargo, existen claras indicaciones para optar por el manejo quirúrgico. **Presentación del caso:** paciente femenino de 77 años, la cual refiere siete meses de evolución de padecimiento actual, consistente en inicio de dolor en región dorsal de intensidad creciente hasta impedir la deambulación; luego del manejo fallido por medio de tratamiento conservador, se decide manejo quirúrgico mediante toma de biopsia más descompresión anterior por medio de corpectomía y estabilización. Una vez identificado el agente causal, se inicia terapia correspondiente con la adecuada evolución e incorporación a las actividades de la vida diaria de nuestra paciente. **Conclusión:** la tuberculosis espinal sigue estando activa en diversos estados de nuestro país, por lo que de no se deberá descartar como posible agente etiológico de un proceso infeccioso espinal; la dirección del protocolo diagnóstico hacia la búsqueda de este agente etiológico deberá tener un alto grado de sospecha. En cuanto al tratamiento quirúrgico se realizó con base en los principios de desbridamiento con biopsia para cultivo e histología, descompresión y estabilización posterior. En nuestro caso clínico observamos una adecuada evolución e incorporación a las actividades de la vida diaria de nuestra paciente.

ABSTRACT

Introduction: spinal tuberculosis is one of the oldest infections reported in the history of humanity, for which the predisposing risk factors are clearly established, as well as the imaging findings obtained during the diagnostic protocol. As for laboratory studies and histopathology tests, as well as molecular tests, a high degree of clinical suspicion must be present to make the request for them. Once the causative agent has been identified, the corresponding therapy is initiated with the appropriate evolution and incorporation into the activities of daily life of our patient. **Case presentation:** A 77-year-old female patient reported a seven-month history of the current condition, consisting of the onset of pain in the dorsal region of increasing intensity to the point of preventing walking; after unsuccessful management with conservative treatment, surgical management was decided by taking a biopsy plus

Citar como: Calderón VJR, Villalvazo BA, Hinojosa MLM, Murillo RJ. Tuberculosis vertebral: revisión de la literatura y reporte de caso. *Cir Columna*. 2025; 3 (2): 133-138. <https://dx.doi.org/10.35366/119624>



*anterior decompression by means of corpectomy and stabilization. Once the causative agent has been identified, the corresponding therapy is initiated with the appropriate evolution and incorporation into the activities of daily life of our patient. **Conclusion:** spinal tuberculosis is still active in several states of our country, so it should not be ruled out as a possible etiological agent of a spinal infectious process, since the direction of the diagnostic protocol towards the search for this etiological agent should have a high degree of suspicion. Surgical treatment was performed based on the principles of debridement with biopsy for culture and histology, decompression, and subsequent stabilization. In our clinical case, we observed an adequate evolution and incorporation into the activities of daily life of our patient.*

INTRODUCCIÓN

La tuberculosis espinal es una de las enfermedades infecciosas más antiguas conocidas por el hombre, llegándose a encontrar vestigios de su existencia elaborados por las diversas civilizaciones antiguas. Actualmente es considerada la forma más común de afectación osteoarticular, documentándose hasta en 50% del total de los casos, y en 10% de los pacientes con enfermedad pulmonar activa, convirtiéndola en el sitio esquelético más común de afectación extrapulmonar. Se estima que la tuberculosis espinal actualmente afecta a 11 millones de personas en todo el mundo, con la aparición de aproximadamente 150,000 nuevos casos de tuberculosis espinal al año. Muestra mayor predilección por la región torácica en una población adulta joven, con diversas asociaciones a factores socioeconómicos de pobreza, deficiente acceso a servicios de salud en países en vías de desarrollo. El objetivo en el tratamiento está encaminado a la erradicación de la enfermedad, por lo que la Organización Mundial de la Salud (OMS) ha propuesto esquemas de terapia antifímica, los cuales deben ser seguidos y supervisados de manera estricta. Dicho esquema en México ha sido regulado bajo la norma oficial mexicana NOM-006-SSA2-2013.¹⁻⁴

Esta patología es causada por el complejo MTB (*Mycobacterium tuberculosis*) conformado por más de 60 tipos diferentes de micobacterias, en donde *Mycobacterium tuberculosis* es la principal causante de los casos reportados, sin dejar de mencionar el importante aumento de los registros de eventos provocados por micobacterias atípicas. En la mayoría de los casos se observa inicialmente una afectación pulmonar por lo que resulta infrecuente la infección extrapulmonar primaria, siendo el acceso hematógeno la vía de propagación por excelencia a través del sistema arterial; lo cual conduce al ingreso de patógenos a través de las arteriolas terminales con una manifestación paradiscal inicial típica y más anterior del cuerpo vertebral, por lo que la afectación primaria a través del plexo venoso resulta menos frecuente; en donde se esperaría

encontrar una afectación predominante de la región central de la vértebra.⁵

Característicamente, este complejo carece de enzimas proteolíticas, por lo que la infección se propaga en las etapas iniciales de una vértebra a otra a lo largo de los ligamentos longitudinales sin afectar principalmente a los discos intervertebrales. La afectación del disco es posible inicialmente en la primera infancia debido al suministro vascular directo todavía presente a esta edad, a diferencia de la edad adulta cuando esta afectación se presenta generalmente en una etapa avanzada. Los granulomas típicos se desarrollan en las vértebras, los cuales pueden incluir zonas de necrosis caseificante, que se considera específica de la tuberculosis. Otras manifestaciones típicas son los abscesos paravertebrales o abscesos fríos, llamados así porque pueden desarrollarse lentamente sin una reacción inflamatoria local significativa, pudiéndose localizar en cualquier parte de la columna.⁶

PRESENTACIÓN DEL CASO

Paciente femenino de 77 años, originaria y residente del estado de Veracruz. Dentro de los principales antecedentes personales no patológicos de importancia: habita en zona rural, con presencia de hacinamiento y zoonosis, así como consumo de productos lácteos sin pasteurización, biomasa positiva (cocina con leña). Antecedentes personales patológicos: hipertensión de larga evolución con mal apego a tratamiento médico. Menciona que inicia su padecimiento actual hace siete meses caracterizado por presencia de dorsalgia con irradiación hacia zona lumbar de intensidad progresivamente creciente hasta el grado de la postración relacionado al aumento de intensidad del dolor, el cual sede parcialmente con reposo y con la ingesta de medicamentos.

Durante la evolución de la patología acude con distintos facultativos de primer nivel de atención médica, los cuales realizan indicaciones de tratamiento conservador mediante analgesia e inmovilización, con posterior orden de realización de estudios de imagen y

envío a nuestra institución al persistir sintomatología. Acude a consultorio paciente en de silla de ruedas, con notables fascias de dolor e intolerancia a la sedestación. Se realiza exploración física dirigida obteniendo los siguientes hallazgos: presencia de dolor a la movilización y palpación superficial en región dorsal. Miembros torácicos eutróficos fuerza muscular en todos los segmentos de manera bilateral 5/5, sensibilidad 2/2, llenado capilar 2 segundos. Miembro pélvico derecho flexión de cadera 3/5, extensor de rodilla 3/5, dorsiflexor del pie 5/5, extensor largo y propio del dedo gordo 5/5, flexores plantares del pie 5/5. Sensibilidad 2/2, llenado capilar 2 segundos. Miembro pélvico izquierdo flexión de cadera 3/5, extensor de rodilla 3/5, dorsiflexor del pie 5/5, extensor largo y propio del dedo gordo 5/5, flexores plantares del pie 5/5. Sensibilidad 2/2 llenado capilar 2 segundos. Se observa alteración en la fuerza muscular condicionada por presencia de dolor intenso a la movilización. Reflejos de estiramiento muscular (REMS) patelar y aquileo ++. Resto de la exploración dentro de parámetros normales.

En los estudios de laboratorio con los que acude la paciente se observa: biometría hemática: hemoglobina (Hb) 10.1 g/dl, hematocrito (Hto) 30.9, leucocitos 10,200 cel/mm³, neutrófilos 37%, linfocitos 50%, plaquetas 204,000/mm³. Examen general de orina (EGO) no patológico, Química sanguínea: glucosa 60 mg/dl, urea 43 mg/dl, creatinina 0.9 mg/dl, nitrógeno ureico en sangre (BUN) 20.0 mg/dl. Velocidad de sedimentación globular (VSG) 45 mm/h. Proteína C reactiva (PCR) 75 mg/dl.

Acude paciente con estudio de tomografía axial computarizada de columna toracolumbar en donde se observa presencia de lesiones líticas, las cuales

afectan predominantemente cuerpo vertebral de T12 en toda la extensión del mismo con afectación de ambas plataformas, así como lesión lítica en T11 que involucra predominantemente tercio y plataforma inferior, además de afectación de cuerpo vertebral L1 en tercio y plataforma superior de la misma (*Figura 1*). Se obtiene resonancia magnética simple de columna vertebral; en corte sagital T2 se observan lesiones hiperintensas en cuerpos vertebrales T11-L1, y en corte axial se detecta compresión anterior que, en su punto de mayor afectación, muestra compresión del 50% (*Figura 2*). Debido a los cambios antes mencionados y a la existencia del agravamiento de la sintomatología, se propone tratamiento quirúrgico (previa realización de valoraciones médicas correspondiente a medicina interna); consistente en corpectomía parcial T11 y L1, más corpectomía total de T12 con toma de biopsia y estabilización mediante colocación de caja autoexpandible y placa lateral con injerto autólogo mediante abordaje lateral extracavitario derecho con apoyo para la realización del mismo por el Servicio de Cardiocirugía y Angiología. El procedimiento se lleva a cabo sin eventualidades ni complicaciones (*Figura 3*). Realizamos egreso hospitalario al tercer día postquirúrgico con adecuado manejo de la vía aérea, sin presencia de sonda endopleural. Instauramos manejo antibiótico profiláctico en espera de resultados de reporte de histopatología y pruebas moleculares. En lo subsecuente, la paciente acude a revaloración con reporte de biología molecular para detección de micobacterias tuberculosas mediante reacción en cadena de la polimerasa con resultado positivo. Se decide inicio de manejo antifímico, e indicación de movilización libre en cama con inicio de rehabilitación y

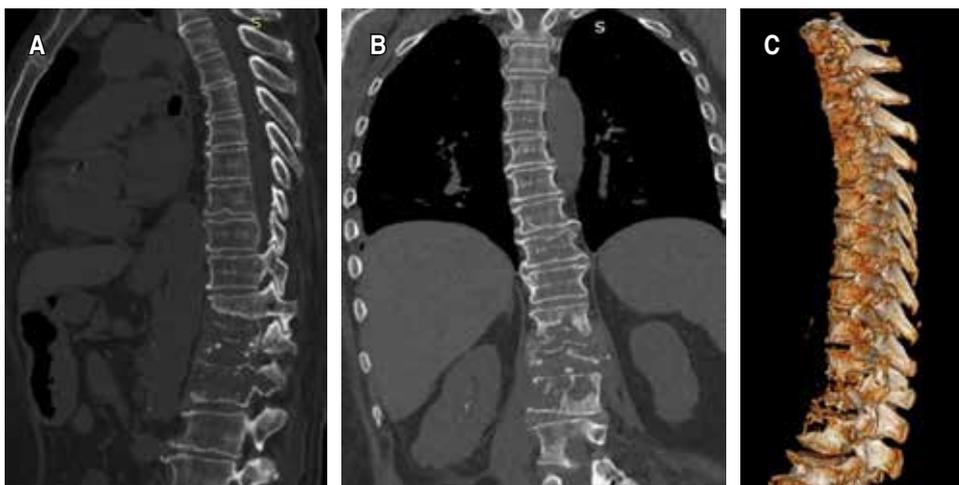


Figura 1:

Tomografía axial computada (TAC) prequirúrgica. **A)** Plano sagital en donde se observan lesiones líticas de cuerpos vertebrales T11-T12-L1. **B)** Corte axial con presencia de desbalance en dicho plano por afectación de cuerpos vertebrales. **C)** Reconstrucción 3D en plano sagital con presencia de lesiones líticas T12-L1.

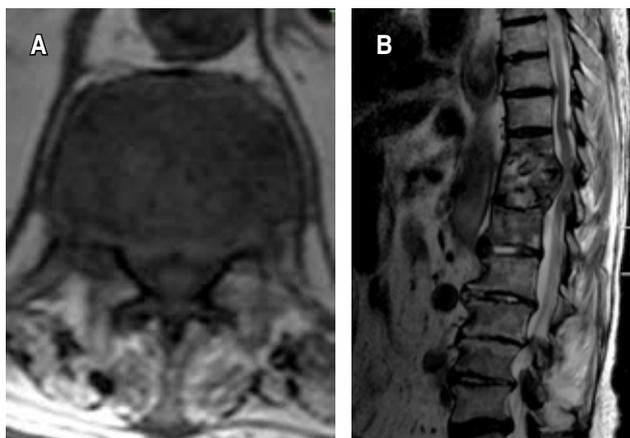


Figura 2: Resonancia magnética nuclear (RMN) simple de columna toracolumbar. **A)** Corte axial de T12 con presencia de compresión anterior superior al 50%. **B)** Corte sagital con presencia de lesiones hiperintensas con afectación de cuerpos vertebrales T11-L1.

fortalecimiento muscular en la misma, así como envió para valoración por infectología para manejo integral de proceso infeccioso.

La paciente acude a seguimiento posterior a dos meses de realización de procedimiento quirúrgico con exámenes de laboratorio con los siguientes resultados: Hb 12,2.1 g/dl, Hto 34.7, leucocitos 4.5×10^3 cel/mm³, neutrófilos 37%, linfocitos: 35%, plaquetas 375.000/mm³. VSG 12 mm/h, PCR 2.7 mg/dl. Se observa paciente tolerando la deambulaci3n asistida mediante el apoyo de bast3n. Actualmente se encuentra en mejoría clínic3 con adecuados parámetros radiológicos y laboratoriales con tendencia a la normalidad.

DISCUSIÓN

Las manifestaciones clínicas se presentarán de una forma insidiosa, indolente e inespecífica en la mayoría de los casos sin signos clínicos generales alarmantes. Los síntomas constitucionales pueden incluir fiebre, diaforesis, pérdida de peso, anorexia y malestar general. La afectaci3n espinal se podrá dividir como complicada o no complicada en relaci3n con la aparici3n de complicaciones como deformidad, inestabilidad y déficit neurol3gico; la no complicada se referirá a aquella ante la ausencia de tales patologías. La deformidad aparecerá en el contexto de la afectaci3n y destrucci3n progresiva de la columna anterior, produciendo con mayor frecuencia una deformidad cif3tica de la columna, aunque la aparici3n clínic3

final dependerá del número de vértebras involucradas. El dolor de espalda es el más común de todos los síntomas y se debe principalmente a la inflamaci3n ósea, en el cual la intensidad será proporcional a la cantidad de destrucci3n e inestabilidad generada. Las complicaciones neurol3gicas pueden ocurrir durante la enfermedad activa temprana o en la etapa tardía de curaci3n, describiéndose diferentes tipos de mecanismos: por compresi3n directa, por un absceso, tejido inflamatorio o secuestro, así como por presencia de inestabilidad.⁷ Con frecuencia se describe la existencia de abscesos fríos, porque típicamente carecen de características inflamatorias, con formaci3n inicial en el sitio de origen del foco infeccioso, para posteriormente desplazarse a lo largo de los planos fascial y neurovascular, dependiendo del sitio de afectaci3n en el que se localice. La clínica dependerá del sitio de localizaci3n de dicho absceso. A nivel de la columna cervical se podrá observar como un absceso retrofaríngeo o zonas de edema en el triángulo anterior o posterior del cuello, pudiendo producir disfagia, ronquera y estridor respiratorio; en la regi3n torácica, el absceso frío generalmente se presentará como edema paravertebral fusiforme o localizado en la pared torácica; mientras que a nivel lumbar puede descender a lo largo del psoas para causar una deformidad en pseudoflexi3n de la cadera.⁸

Durante el inicio del protocolo diagn3stico, a la mayoría de casos inicialmente se solicitará un hemograma, debido a la simplicidad y facilidad de realizaci3n de éste por el médico de primer contacto; en ese estudio podremos observar la aparici3n de linfocitosis relativa,



Figura 3:

Imagen transquirúrgica de malla autoexpandible, posterior a realizaci3n de corpectomía.

leucocitosis (la cual estará presente en 30-50% de los casos con tuberculosis extrapulmonar), así como anemia. Resultará fundamental tener un alto grado de sospecha clínica de la presencia de un cuadro infeccioso, para solicitar reactantes de fase aguda en donde observaremos VSG elevada ante la presencia de enfermedad tuberculosa activa. Dicho marcador es sensible, pero con poca especificidad, observándose niveles en cuadros sin tratamiento superiores a 40 mm/h. La PCR es más específica, suele iniciar con cifras ≥ 20 mg/l.⁹ No se recomiendan exámenes serológicos de IgM e IgG, porque no diferencian entre enfermedad activa y curada, ni entre infectados ni vacunados con BCG. Además de los marcadores serológicos indirectos de inflamación, también se han utilizado para el diagnóstico el análisis microbiológico del cultivo de muestras obtenidas; aunque debido a su muy baja sensibilidad, se recomienda la realización de estudios histopatológicos que demuestran granulomas clásicos y la tinción de frotis para identificar bacilos ácido-alcohol resistentes (BAAR), además de solicitar cultivo aeróbico junto con pruebas de sensibilidad a los antibióticos mediante ensayos de sonda lineal, reacción en cadena de la polimerasa y se consideraran estándares de referencia diagnóstica con sensibilidad superior a 70% en algunas series.¹⁰

La realización de radiografías simples no tiene ningún papel en el diagnóstico temprano de la tuberculosis espinal por su baja sensibilidad, ya que no se observan imágenes sugestivas hasta que existe una destrucción de al menos 50% de la vértebra. Sin embargo, dentro de los hallazgos que podemos encontrar estarán el estrechamiento del espacio discal y la rarefacción de las placas vertebrales, así como alteraciones en la alineación sagital, como cifosis en las últimas etapas. En 60-70% de los casos de tuberculosis espinal se podrá observar una lesión pulmonar activa y, por tanto, la radiografía de tórax es esencial. En cuanto a la tomografía axial computarizada (TAC), se refiere que es útil para la evaluación de la destrucción del hueso esponjoso y la rotura cortical con la consiguiente deformidad de la columna vertebral en casos crónicos. La destrucción de la placa terminal en la espondilitis tuberculosa puede dar como resultado una apariencia más fragmentada que la que generalmente se observa en los organismos piógenos; pero el inconveniente de la TAC, en comparación con la resonancia magnética (RM), es que los cambios tempranos de la médula ósea en las vértebras son difíciles de visualizar. Sin embargo, la administración de contraste muestra claramente el realce de la pared inflamatoria gruesa,

nodular paravertebral o del absceso epidural. La RM se considera la técnica de elección, ya que se pueden detectar cambios tempranos con respecto a otros estudios sobre la afectación de tejidos blandos, diseminación del absceso y la compresión de elementos neurales; además, con la administración de gadolinio ayuda a diferenciar la espondilodiscitis tuberculosa de otras causas bacterianas. En diversa literatura se considera necesaria la imagen de toda la columna, ya que entre el 2 al 16% pueden presentar lesiones diseminadas. Las imágenes características en la RM son la presencia de diseminación subligamentaria (84.8%), colapso vertebral mayor de 50% (69.6%) y una gran colección de abscesos con pared delgada pre y paravertebral con extensión subligamentaria (91.1%); el 97.5% de los pacientes con tuberculosis espinal tienen al menos una de estas tres características en la RM, y el 58.2%, las tres juntas. La sensibilidad y especificidad de la RM para el diagnóstico es de 100 y 88.2%, respectivamente.¹¹

El manejo farmacológico antituberculoso es la base del tratamiento tanto en la tuberculosis complicada como en la no complicada, teniendo una duración debatible siendo recomendada por la OMS un tratamiento medicamentoso durante nueve meses de cuatro fármacos: isoniazida, rifampicina, pirazinamida, etambutol o estreptomina. Administrándose en la fase de "inicio" durante dos meses, seguidos de isoniazida y rifampicina durante siete meses en la fase de "continuación". En cuanto a los medicamentos antituberculosos de segunda línea tenemos kanamicina, amikacina, capreomicina, levofloxacina; éstos deben usarse con prudencia ya que se relacionan más con la aparición de efectos secundarios y con un costo superior al de los medicamentos estándar de primera línea.

El tratamiento quirúrgico está indicado siempre que en la resonancia magnética se observe compresión de la raíz, médula espinal o la duramadre (absceso epidural con abultamiento del ligamento longitudinal anterior). La inestabilidad de la columna debido a la destrucción ósea o una deformidad grave como la cifosis también son indicaciones claras para el tratamiento quirúrgico, así como necesidad de evacuación quirúrgica de un absceso anterior mayor de 2.5 cm, debiendo realizarse desbridamiento óseo con posterior reconstrucción si existe destrucción concomitante del cuerpo vertebral. El objetivo principal de la técnica quirúrgica será el desbridamiento con biopsia para cultivo e histología; pero como en la mayoría de los casos, tras la descompresión, el drenaje y la secuestrectomía, la columna quedará inestable, se necesita

una estabilización mecánica en la misma o en una operación secundaria.¹²

CONCLUSIONES

La tuberculosis espinal sigue estando presente en diversas zonas de nuestro país, por lo que de ninguna manera se deberá dejar de considerar como posible etiología en el contexto de un foco infeccioso vertebral. En el caso clínico que presentamos, nuestra paciente contaba con diversos factores propios sugestivos de una etiología por tuberculosis; sin embargo, por condiciones sociodemográficas propias de la paciente, el acceso a los servicios de salud se vio retrasado, lo que provocó que se realizara un diagnóstico en una etapa avanzada, con la subsecuente afectación de la estabilidad espinal, ocasionando dolor poco tolerable con escasa respuesta a tratamiento mediante analgesia, concordando así con los diversos reportes de la literatura. Por lo que al observar dichas alteraciones se establece la indicación de efectuar tratamiento quirúrgico, en el cual optamos por llevar a cabo corpectomía parcial y total de los cuerpos vertebrales afectados al convertirse en el sitio de mayor compresión anterior medular, así como el punto de inflexión del desbalance sagital y el aumento de la cifosis en caso de no actuar de manera pronta. Realizamos dicho procedimiento quirúrgico a través de un abordaje extracavitario con el apoyo de un equipo multidisciplinario por el nivel de afectación, considerando como una de las metas importantes la obtención de una muestra de cantidad y calidad significativa para la confirmación de un agente etiológico y asignar el tratamiento correspondiente. Posterior a la identificación del agente etiológico y la asignación del tratamiento específico y supervisado por el equipo de infectología, nuestra paciente cursó con una adecuada evolución clínica y radiológica con la consiguiente reincorporación a las actividades de la vida diaria, por lo que consideramos una excelente resolución del caso clínico.

REFERENCIAS

1. Khanna K, Sabharwal S. Spinal tuberculosis: a comprehensive review for the modern spine surgeon.

- Spine J. 2019; 19: 1858-1870. doi: 10.1016/j.spinee.2019.05.002.
2. Rajasekaran S, Soundararajan DCR, Shetty AP, Kanna RM. Spinal tuberculosis: current concepts. *Global Spine J.* 2018; 8: 96S-108S. doi: 10.1177/2192568218769053.
3. Dunn RN, Ben-Husien M. Spinal tuberculosis: review of current management. *Bone Joint J.* 2018; 100-B: 425-431. doi: 10.1302/0301-620x.100b4.bjj-2017-1040.r1.
4. Medina-Peñasco RJ, Rosas-Ramírez MI, Barragán-Hervella RG, Alvarado-Ortega I, López-Cázares G, Montiel-Jarquín AJ, et al. Tuberculosis de columna vertebral: experiencia en un hospital de tercer nivel en Puebla, México. *Rev Med Inst Mex Seguro Soc.* 2017; 55 Suppl 1: S80-S84.
5. Heyde CE, Lübbert C, Wendt S, Rodloff A, Volker A, von der Hoh NH. Spinal tuberculosis. *Z Orthop Unfall.* 2022; 160: 74-83. doi: 10.1055/a-1285-4994.
6. Shanmuganathan R, Ramachandran K, Shetty AP, Kanna RM. Active tuberculosis of spine: current updates. *N Am Spine Soc J.* 2023; 16: 100267. doi: 10.1016/j.xnsj.2023.100267.
7. Shikare S, Singh D, Shimpi T, Peh WCG. Tuberculous osteomyelitis and spondylodiscitis. *Semin Musculoskelet Radiol.* 2011; 15: 446-458. doi: 10.1055/s-0031-1293491.
8. Jain AK, Rajasekaran S, Jaggi KR, Myneedu VP. Tuberculosis of the spine. *J Bone Joint Surg Am.* 2020; 102: 617-628. doi: 10.2106/JBJS.19.00001.
9. Molina-Gil J, Mejjide-Rodríguez L, Amorín-Díaz M. Mielopatía compresiva cervico-torácica por una espondilodiscitis tuberculosa. *Med Clin (Barc).* 2021; 157: e285-e286. doi: 10.1016/j.medcli.2020.07.021.
10. Vuyst DD, Vanhoenacker F, Gielen J, Bernaerts A, Schepper AMD. Imaging features of musculoskeletal tuberculosis. *Eur Radiol.* 2003; 13: 1809-1819. doi: 10.1007/s00330-002-1609-6.
11. Laos-Plasier EJ, Asociación Peruana de Cirugía Vertebral. Lima, Perú. Hospital Guillermo Almenara Irgoyen - Departamento de Neurocirugía Servicio de Neurotrauma y Columna. Lima, Perú. Tuberculosis espinal: diagnóstico y manejo. *Horiz méd.* 2022; 22: e1551. doi: 10.24265/horizmed.2022.v22n1.13.
12. Guerado E, Cerván AM. Surgical treatment of spondylodiscitis. An update. *Int Orthop.* 2012; 36: 413-420. doi: 10.1007/s00264-011-1441-1.

Conflicto de intereses: los autores manifestamos no tener conflicto de intereses.



Abril-Junio 2025
Vol. 3, núm. 2 / pp. 139-145

Recibido: 23 de Enero de 2025
Aceptado: 18 de Febrero de 2025

doi: 10.35366/119625



La inteligencia artificial en la investigación en el ámbito de la salud: desafíos y oportunidades

Artificial intelligence in health research: challenges and opportunities

José María Jiménez Ávila,^{*,‡} Jorge Negrete Ibarra,^{*,§} Seung Hyun Jeong^{*,¶}

Palabras clave:

inteligencia artificial, búsqueda científica, procesamiento de lenguaje natural, aprendizaje automático, análisis crítico, sesgos.

Keywords:

artificial intelligence, scientific search, natural language processing, machine learning, critical analysis, biases.

RESUMEN

La inteligencia artificial (IA) surge como una herramienta transformadora en el sector salud, ofreciendo soluciones innovadoras que prometen mejorar la calidad de la atención, optimizar procesos y facilitar diagnósticos al ser más precisos, así como en la búsqueda avanzada de información científica y apoyo en el análisis crítico de la información, permitiendo mejorar la recopilación, organización y análisis de grandes volúmenes de datos científicos. Aquí se exploran las aplicaciones actuales de la IA en la medicina y en la investigación, donde se muestran sus beneficios, perspectivas futuras y desafíos éticos para su integración en el ámbito sanitario, así como un instrumento que facilita procesos y permite optimizar tiempos si se aprovecha en otras áreas del conocimiento, tal como el análisis crítico y la creación de conocimiento nuevo y útil. Entre sus principales características se destacan conceptos importantes a conocer como lo son los términos de procesamiento de lenguaje natural (PLN), el aprendizaje automático (ML) y las redes neuronales profundas (CNN) así como el *Prompt*. Estas tecnologías permiten interpretar y extraer información relevante de textos complejos, patrones y tendencias de investigaciones previas. Permite contar con herramientas útiles para el desarrollo de proyectos de investigación que ofrezcan alternativas de mejora continua en el Sector Salud.

ABSTRACT

The artificial intelligence (AI) emerges as a transformative tool in the healthcare sector, offering innovative solutions that promise to improve the quality of care, optimize processes and facilitate diagnostics in order to make them more precise, including advanced scientific information retrieval and critical information analysis, which allows better collection, organization and analysis of large volumes of scientific data. This article explores actual applications of AI in medicine and research, analyzing its benefits, future prospects, and ethical challenges regarding its integration into the healthcare field. AI is described as an instrument that facilitates processes and optimizes time promoting other areas of knowledge, such as critical analysis and the creation of new and useful knowledge. Some of its key concepts include the natural language processing (NLP), machine learning (ML), and deep neural networks (DNN), and Prompts. These technologies allow the interpretation and extraction of relevant information from complex texts, identification of patterns and trends from previous research. Furthermore, it provides useful tools for developing research projects that offer alternatives in the Healthcare Sector for its continuous improvement.

* Instituto Tecnológico y de Estudios Superiores de Monterrey, Campus Guadalajara. Guadalajara, Jalisco, México.

ORCID

[‡] 0000-0002-5532-5318

[§] 0009-0008-9866-3684

[¶] 0000-0001-8586-5246

Correspondencia:

José María Jiménez Ávila

E-mail: josemajimenez@tec.mx

Citar como: Jiménez ÁJM, Negrete IJ, Hyun JS. La inteligencia artificial en la investigación en el ámbito de la salud: desafíos y oportunidades. Cir Columna. 2025; 3 (2): 139-145. <https://dx.doi.org/10.35366/119625>



Abreviaturas:

- AA = aprendizaje automático
- ANN = redes neuronales artificiales (*artificial neural network*)
- AP = aprendizaje profundo
- IA = inteligencia artificial
- IAG = inteligencia artificial generativa
- LLM = modelos de lenguaje grande
- NLP = procesamiento de lenguaje natural (*natural language processing*)
- RL = aprendizaje por refuerzo (*reinforcement learning*)

INTRODUCCIÓN

La inteligencia artificial (IA) se define como una serie de procesos computacionales que emulan el comportamiento humano, lo que permite tomar decisiones, aprender y reconocer una serie de patrones que favorecen la resolución de problemas complejos muy parecida a la inteligencia humana.¹⁻³

El origen de la IA se encuentra sustentada en un concepto denominado “inteligencia artificial generativa” (IAG), la cual se enfoca en la creación de contenido original, que puede ser desde texto, imágenes, música, audio, video o bien algunos códigos de programación a partir de datos que ya existen,⁴ este a su vez puede generar “aprendizaje profundo” (AP), el cual se considera como un subconjunto del aprendizaje automático, mismo que se encuentra basado en redes neuronales artificiales, con múltiples capas para analizar datos complejos y obtener patrones, se dice que es una forma de enseñar a las computadoras, algo parecido como el cerebro humano aprende.^{5,6}

De ahí se genera el “aprendizaje automático” (AA) el cual se enfoca en el desarrollo de algoritmos que les permiten a las computadoras aprender de los datos, esto sin la necesidad de ser programadas, en vez de seguir instrucciones las máquinas verifican patrones



Figura 1: Procesos computacionales que dan origen a la inteligencia artificial (IA).

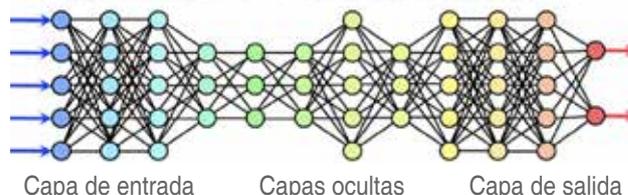
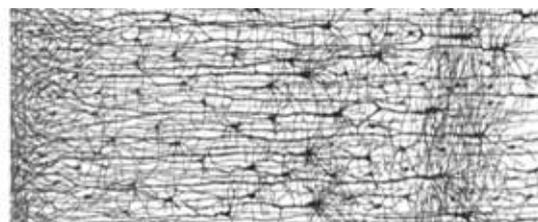


Figura 2: Redes neuronales artificiales (ANN). Modelos computacionales inspirados en el cerebro, formados por neuronas artificiales interconectadas (nodos) que procesan información a través de conexiones ponderadas, aprendiendo de los datos para resolver problemas complejos.

para tomar decisiones mejorando el rendimiento, siendo estos elementos los que dan origen a la “inteligencia artificial” (IA) (Figura 1).

El proceso de la IA es una serie de redes neuronales artificiales (ANN *artificial neural network* por sus siglas en inglés), el cual es un modelo computacional inspirado en el cerebro, compuesto por neuronas artificiales interconectadas (nodos) que pueden procesar información por medio de conexiones, aprendiendo de los datos para resolver problemas, lo que permite realizar actividades como reconocer imágenes, lenguaje, etcétera.

Todo este proceso resulta en algo denominado como aprendizaje por refuerzo (RL *reinforcement learning* por sus siglas en inglés), esto generado por los algoritmos que aprenden acciones al producir recompensas por las acciones realizadas (Figura 2).

Actualmente este tipo de procesos se agrupan dentro de una clasificación denominada modelos de lenguaje grande (LLM) donde se integran el ChatGPT, Claude, Google Gemini, Microsoft Copilot, Meta, DialogPT, NotebookLM, etcétera, los cuales son un modelo de aprendizaje profundo, entrenados en cantidades masivas de datos de texto, cuyo objetivo principal es comprender, generar y manipular el lenguaje humano, capaces de realizar una amplia gama de tareas relacionadas con el lenguaje, desde la traducción del lenguaje de manera automática, hasta lo que es la generación de texto novedoso y creativo.

La inteligencia artificial (IA) se refiere a sistemas computacionales capaces de realizar tareas que tra-

dicionalmente requerirían inteligencia humana, tales como el procesamiento del lenguaje natural, el aprendizaje automático y la visión por computadora. En el sector salud, la IA se aplica en diversas áreas, desde el diagnóstico y pronóstico de enfermedades hasta la personalización de tratamientos y la gestión administrativa.

Con el volumen de datos generados por los sistemas de salud y la creciente demanda de soluciones más eficientes, la IA ofrece un potencial significativo para abordar estos desafíos.⁷

Metodología de búsqueda

Para la revisión de literatura, se llevó a cabo un proceso de búsqueda y de selección de artículos, utilizando las palabras clave: inteligencia artificial, aprendizaje automá-

tico, investigación científica (médica) y ética en PubMed de los últimos cinco años a la fecha de la publicación.

Los artículos fueron revisados por tres autores independientes con la finalidad de identificar aquéllos que realizan un análisis de los siguientes criterios de inclusión: 1) utilidad de la inteligencia artificial en el área de la salud; 2) aspectos éticos en el uso de la inteligencia artificial en la investigación en salud; 3) herramientas de aplicación de inteligencia artificial en el área de la investigación en medicina y el análisis crítico; y 4) artículos escritos en inglés o español, los artículos sin texto completo y artículos preaprobados fueron excluidos.

Se identificaron 78 artículos, de los cuales se incluyeron dos artículos extraídos de otros medios, abarcando un total de 20 artículos para la revisión bibliográfica y análisis (Figura 3).

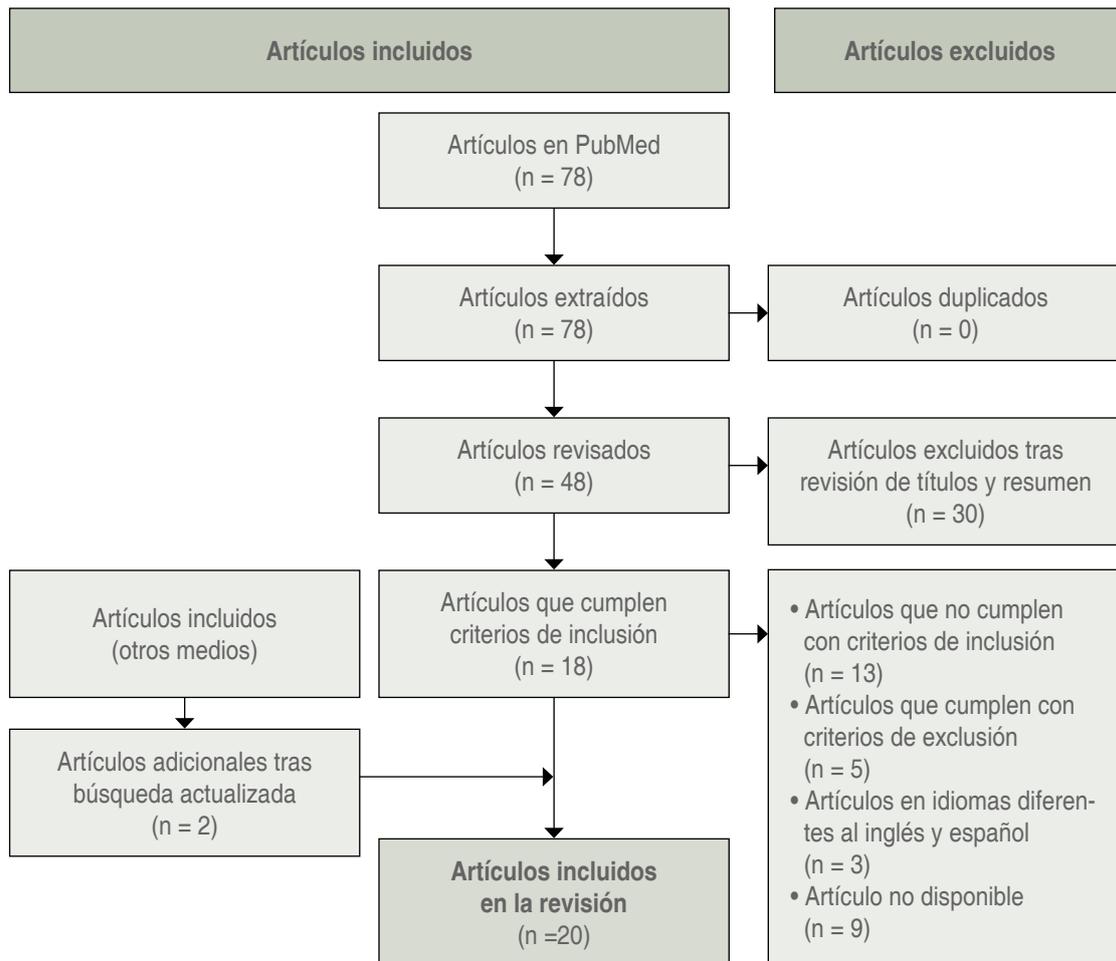


Figura 3: Diagrama de flujo del proceso de búsqueda de literatura de la Inteligencia Artificial en el ámbito de la Investigación en Salud basado en el modelo PRISMA.

Cómo se aplica la inteligencia artificial en el área de la Salud

La aplicación de la inteligencia artificial (IA) en el diagnóstico médico ha revolucionado la precisión y velocidad con que se detectan diversas enfermedades, mediante algoritmos de aprendizaje automático y redes neuronales profundas que han demostrado ser eficaces en la interpretación de imágenes médicas (radiografías, tomografías y resonancias magnéticas), lo que permite detectar condiciones como cáncer, enfermedades cardíacas, trastornos neurológicos y mediciones radiográficas con una gran precisión comparada o incluso superior a los radiólogos profesionales.⁸

La IA permite el análisis de grandes volúmenes de datos genómicos, clínicos y ambientales, lo que facilita la creación de tratamientos individualizados; integrando esta información, los sistemas basados en IA pueden predecir cómo un paciente responderá a un tratamiento específico, lo que permite optimizar los resultados terapéuticos y reducir los efectos secundarios.⁹

Los chatbots y asistentes virtuales impulsados por IA se utilizan para gestionar consultas, recordatorios de medicación y seguimiento de pacientes, estos sistemas pueden mejorar la accesibilidad y la eficiencia, al mismo tiempo que liberan recursos o tiempo, lo cual permite realizar tareas más complejas.

En la administración hospitalaria, la IA se aplica para optimizar la programación de citas, la gestión de camas y la logística de suministros médicos, lo que contribuye a una mayor eficiencia operativa y reducción de costos.¹⁰⁻¹²

La inteligencia artificial en la búsqueda científica y análisis crítico

En el ámbito de la búsqueda científica, la IA facilita la localización de investigaciones relevantes, identificación de citas clave y predice futuras áreas de investigación, esto no sólo mejora la eficiencia en el acceso a la literatura científica, sino que también promueve la interdisciplinariedad al sugerir correlaciones entre campos que tradicionalmente no se consideran, además, funciona como motores de búsqueda inteligentes ayudando a los investigadores a mantenerse al día y actualizados con las publicaciones más recientes.

La integración de la IA en la búsqueda científica presenta un enorme potencial para mejorar la eficiencia y el alcance de las investigaciones; sin embargo, su implementación debe ir acompañada de una reflexión crítica sobre los límites, sesgos y posibles impactos

éticos de estas tecnologías, un uso equilibrado y consciente permite maximizar sus beneficios sin comprometer la calidad y la autonomía científica.¹³

Cómo iniciar dando indicaciones a la inteligencia artificial (*system prompts*)

Un elemento importante en la eficiencia de la obtención de la información son las indicaciones que se generan de manera temporal, los sistemas de inteligencia artificial actuales han evolucionado para descifrar las intenciones y siguen mejorando, por lo que es fundamental conocer las herramientas de búsqueda, así como la lógica de ésta.

Un *prompt* se define como una instrucción, pregunta o texto que se utiliza para interactuar con los sistemas de inteligencia artificial, se podría decir que es como un comando con el que se le pide a este sistema que realice una tarea concreta.^{13,14}

Para obtener los resultados deseados, las indicaciones deben ser claras y concisas, con información contextual, utilizando ejemplos específicos con un refinamiento interactivo:

Prompting estructurado: dentro de un marco coherente, para proporcionar el contexto apropiado.

Puntos para considerar:

1. Rol/entorno: el rol/papel de la IA: actuar como el entorno educativo y el nivel del alumno.
2. Tarea: crear o hacer.
3. Resultado: formato deseado.
4. Parámetro: restricciones/requerimientos específicos.

Ejemplo de un *prompt*: “genere 10 preguntas de opción múltiple con cuatro respuestas, siendo las incorrectas no tan obvias, para residentes de tercer año de traumatología y ortopedia sobre trauma cervical. Utilice la guía de estilo del United States Medical Licensing Examination (USMLE) y concentrase en las conexiones fisiológicas entre las clasificaciones de las fracturas y el tratamiento”.

Herramientas que favorecen el proceso de búsqueda avanzada de artículos científicos y de análisis crítico

Estas constituyen un ejemplo de herramientas que pueden favorecer el proceso metodológico de la investigación, son de utilidad para el desarrollo de los proyectos de investigación.¹⁵

STORM: <https://storm.genie.stanford.edu/>

Sistema de selección de conocimientos impulsado por LLM que investiga un tema y genera un informe completo con citas.

SciSpace: <https://typeset.io/>

Plataforma de inteligencia artificial generativa enfocada en la investigación académica, que permite buscar, analizar y comprender artículos científicos, desarrollada por la compañía Typeset, esta herramienta aprovecha tecnología de procesamiento de lenguaje natural (NLP *natural language processing* por sus siglas en inglés) para simplificar y optimizar el proceso de revisión de la literatura en documentos científicos, algo similar a Wikipedia.

Perplexity: <https://www.perplexity.ai/>

Es un motor de búsqueda conversacional, comercializado como un “motor de respuestas”, que responde consultas utilizando texto predictivo en lenguaje natural, también similar a Wikipedia.

ResearchRabbit: <https://researchrabbitapp.com/>

Herramienta de IA diseñada para agilizar el proceso de revisión de la literatura.

Elicit: <https://elicit.com/>

Herramienta de IA para encontrar “artículos semilla” y extraer palabras clave o títulos de temas, cuando se ingresa una pregunta, devuelve preguntas alternativas que pueden llevar a otros artículos “semilla”.

Consensus: <https://consensus.app/>

Motor de búsqueda académica impulsado por IA que ayuda a los investigadores a encontrar, analizar y sintetizar conocimientos de estudios revisados *peer-reviewed* (Figura 4).

Desafíos y consideraciones éticas

A pesar de los avances, la implementación y desarrollo de la IA en la salud presenta varios desafíos, entre

ellos la privacidad y seguridad de los datos, al manejar grandes volúmenes de datos personales y médicos, plantea riesgos de privacidad y seguridad, por lo que la protección de datos y el cumplimiento de normativas que lo reglamenten es crucial.^{16,17}

Aunque la IA puede mejorar el acceso a la salud, su implementación puede no ser equitativa y podría ampliar las diferencias en la atención médica entre diferentes regiones y grupos socioeconómicos.^{18,19}

Muchos algoritmos de IA funcionan como “cajas negras”, lo que significa que no siempre es posible entender cómo se toman las decisiones en el ámbito médico, dificultando la interpretación de los procesos de toma de decisiones, lo que puede generar desconfianza entre los profesionales y los pacientes.²⁰

La calidad de los resultados generados por los algoritmos de IA depende de los datos que se ingresen para entrenarlos, lo que puede introducir ciertos sesgos y limitar la objetividad en la selección de la información.

La dependencia excesiva de la IA puede llevar a una automatización que, aunque eficiente, podría desincentivar el análisis crítico humano y la creatividad en la interpretación de los datos.

Por último, la automatización de tareas mediante IA podría generar preocupación por la sustitución de trabajos humanos, especialmente en roles administrativos y de diagnóstico, en este momento es probable que la IA no reemplace a los humanos, pero los humanos con IA si replazarán a los humanos sin IA.

CONCLUSIÓN

La inteligencia artificial está transformando el panorama de la atención médica, ofreciendo oportunidades para mejorar la precisión del diagnóstico, personalizar los tratamientos y optimizar la gestión de los recursos;

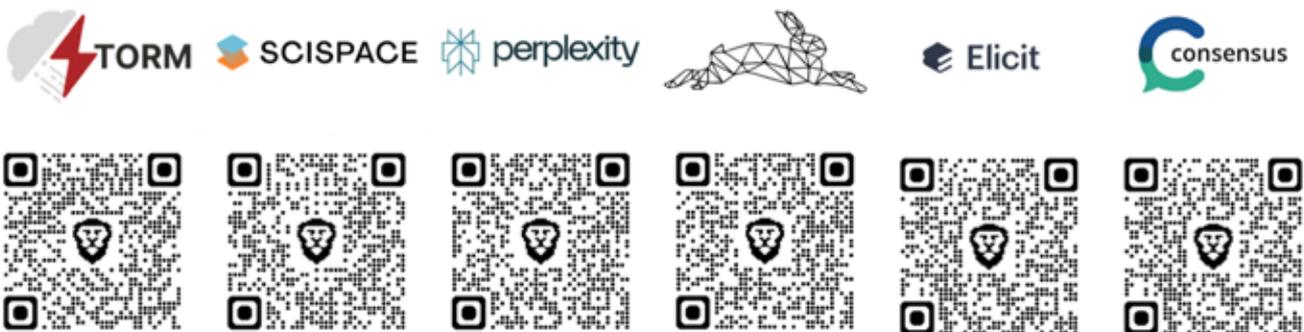


Figura 4: Herramientas que favorecen la búsqueda y análisis crítico de la literatura científica.

sin embargo, su integración exitosa dependerá de superar desafíos éticos, técnicos y sociales, lo que exige un enfoque colaborativo y regulado para garantizar su uso equitativo y seguro.

El futuro de la inteligencia artificial en la salud es prometedor, con el potencial de transformar los modelos de atención y promover un enfoque más preventivo y personalizado, aunque será esencial que los desarrollos en IA se acompañen de un marco ético y regulatorio robusto que garantice el uso responsable y equitativo de estas tecnologías, además, la colaboración entre investigadores, profesionales de la salud y autoridades regulatorias será clave para maximizar los beneficios de la IA sin comprometer la seguridad y la confianza de los pacientes.

Sam Altman, fundador de Open IA menciona que en el futuro se tendrán cinco niveles: 1) IA conversacional; 2) IA de razonamiento; 3) agentes de IA; 4) IA innovadora; y 5) IA organizacional, por lo que en esta década se pueden esperar avances de una manera acelerada.

En el ámbito de la investigación la IA ha venido a sumarse como una herramienta que permite optimizar y eficientar los tiempos de búsqueda y de análisis crítico de la información lo que permite generar proyectos de investigación que ofrecen alternativas de mejora continua en el sector salud.

Es importante que los “migrantes digitales” se familiaricen con este proceso logístico, que ha llegado para quedarse y ya forma parte de las actividades en el ámbito de la salud y la investigación científica.

REFERENCIAS

- Obermeyer Z, Powers B, Vogeli C, Mullainathan S. Dissecting racial bias in an algorithm used to manage the health of populations. *Science*. 2019; 366: 447-453.
- Gordon M, Michelle D, Aderonke A, Hussein U. A scoping review of artificial intelligence in medical education: BEME Guide No.84. *Med Teach*. 2024; 46: 446-470.
- Masters K. Ethical use of Artificial Intelligence in Health Professions Education: AMEE Guide No. 158. *Med Teach*. 2023; 45: 574-584.
- Theodosiou AA, Read RC. Artificial intelligence, machine learning and deep learning: potential resources for the infection clinician. *J Infect*. 2023; 87: 287-294.
- Beard K, Pennington AM, Gauff AK, Mitchell K, Smith J, Marion DW. Potential applications and ethical considerations for artificial intelligence in traumatic brain injury management. *Biomedicine*. 2024; 12: 2459.
- Schwendicke F, Samek W, Krois J. Artificial Intelligence in dentistry: chances and challenges. *J Dent Res*. 2020; 99: 769-774.
- Gedefaw L, Liu CF, Ip RKL, Tse HF, Yeung MHY, Yip SP, et al. Artificial intelligence-assisted diagnostic cytology and genomic testing for hematologic disorders. *Cells*. 2023; 12: 1755.
- Zsidai B, Hilkert AS, Kaarre J, Narup E, Senorski EH, Grassi A, et al. A practical guide to the implementation of AI in orthopaedic research - Part 1: opportunities in clinical application and overcoming existing challenges. *J Exp Orthop*. 2023; 10: 117.
- Abdullah HR, Brenda TPY, Loh C, Ong M, Lamoureux E, Lim GH, et al. Protocol for the impact of machine learning-based clinician decision support algorithms in perioperative care (IMAGINATIVE) in Singapore general hospital: a large prospective randomised controlled trial. *BMJ Open*. 2024; 14: e086769.
- Hasan F, Tantawi ME, Haque F, Foláyan MO, Virtanen JI. Early childhood caries risk prediction using machine learning approaches in Bangladesh. *BMC Oral Health*. 2025; 25: 49. doi: 10.1186/s12903-025-05419-2.
- Hare J, Nielsen M, Kiragga A, Ochiel D. Sustainable integration of artificial intelligence and machine learning approaches within the African infectious disease vaccine research and development ecosystem. *Front Pharmacol*. 2024; 15: 1499079.
- Schipper A, Belgers P, O'Connor R, Jie KE, Dooijes R, Bosma JS, et al. Machine-learning based prediction of appendicitis for patients presenting with acute abdominal pain at the emergency department. *World J Emerg Surg*. 2024; 19: 40.
- Oduoye MO, Javed B, Gupta N, Valentina Sih CM. Algorithmic bias and research integrity; the role of nonhuman authors in shaping scientific knowledge with respect to artificial intelligence: a perspective. *Int J Surg*. 2023; 109: 2987-2990.
- Pressman SM, Borna S, Gomez-Cabello CA, Haider SA, Haider C, Forte AJ. AI and ethics: a systematic review of the ethical considerations of large language model use in surgery research. *Healthcare (Basel)*. 2024; 12: 825.
- Khan F, Das I, Kotnik M, Wing L, Van Beek E, Murchison J, et al. AI-assisted detection for chest X-rays (AID-CXR): a multi-reader multi-case study protocol. *BMJ Open*. 2024; 14: e080554.
- Okada Y, Mertens M, Liu N, Lam SSW, Ong MEH. AI and machine learning in resuscitation: ongoing research, new concepts, and key challenges. *Resusc Plus*. 2023; 15: 100435.
- Harishbhai-Tilala M, Kumar-Chenchala P, Choppadandi A, Kaur J, Naguri S, Saoji R, et al. Ethical considerations in the use of artificial intelligence and machine learning in health care: a comprehensive review. *Cureus*. 2024; 16: e62443.
- Arora A, Alderman JE, Palmer J, Ganapathi S, Laws E, McCradden MD, et al. The value of standards for health datasets in artificial intelligence-based applications. *Nat Med*. 2023; 29: 2929-2938.

19. Shaw J, Ali J, Atuire CA, Cheah PY, Español AG, Gichoya JW, et al. Research ethics and artificial intelligence for global health: perspectives from the global forum on bioethics in research. *BMC Med Ethics*. 2024; 25: 46.
20. Zaidan AM. The leading global health challenges in the artificial intelligence era. *Front Public Health*. 2023; 11: 1328918.

Financiamiento: los autores declaran que este trabajo se realizó con recursos propios sin ningún tipo de financiamiento.

Conflicto de intereses: los autores declaran no tener conflicto de intereses en relación con este manuscrito.

Protección de personas y animales: los autores declaran que para esta investigación no se han realizado experimentos en seres humanos ni en animales.

Confidencialidad de los datos: los autores declaran que en este artículo no aparecen datos de pacientes.

Derecho a la privacidad y consentimiento informado: los autores declaran que en este artículo no aparecen datos de pacientes.

Uso de inteligencia artificial para generar textos: los autores declaran que utilizaron la inteligencia artificial como un instrumento de apoyo en la redacción y búsqueda de información de este manuscrito.



PREPARACIÓN DEL MANUSCRITO PARA PUBLICACIÓN

Revista Cirugía de Columna, es una publicación de la Asociación Mexicana de Cirujanos de Columna, A.C., su objetivo es difundir artículos que contribuyan a la mejora y desarrollo de la práctica, investigación y enseñanza de temas relacionados con la patología de columna en México y el resto del mundo. Todos los manuscritos, después de la aprobación de los editores, serán analizados por dos o más revisores; el anonimato está garantizado durante todo el proceso de evaluación. Los artículos que no presenten mérito y no se ajusten a la política editorial de la revista serán rechazados y no podrán ser apelados. Los comentarios de los revisores serán devueltos a los autores para modificaciones en el texto o justificación de su conservación. Después de la aprobación de los revisores, los artículos se reenvían a los editores asociados para su aprobación final. Sólo después de las aprobaciones finales de revisores y editores, los manuscritos serán remitidos para su publicación. Las declaraciones e información expresadas en los artículos publicados en la revista Cirugía de Columna, son las de sus colaboradores. La revista recibe artículos para las siguientes secciones: artículos originales, artículo de revisión, reportes de caso, declaración de posición e historia de la patología de columna. Los artículos pueden ser escritos en español y/o inglés y son presentados bajo las recomendaciones del Comité Internacional de Editores de Revistas Médicas, disponible en: <http://www.icmje.org/>

CARACTERÍSTICAS DEL MANUSCRITO

El cuerpo del manuscrito debe estar escrito a doble espacio, con letra Arial de 10 puntos con márgenes de 2.5 x 2.5 mm por los cuatro lados, sin formato especial (no en columnas).

La extensión máxima que deberá utilizar es de 15 cuartillas.

Las Figuras y/o Tablas o Fotografías deberán estar al final del manuscrito después de la bibliografía donde deberán colocar debajo de la imagen el número de figura y/o tabla, así como la descripción de la misma.

Ejemplo: *Figura 1. Radiografía lateral de columna muestra una pérdida del balance sagital.*

Los formatos permitidos serán en: PDF, JPG, DOC y XLS, el archivo debe pesar más de 7 Kb y menos de 4.2 Mb.

Una vez confirmado que el manuscrito se ha apegado a la instrucción de autores, se sugiere seguir los pasos de inscripción en la plataforma de: <https://revision.medigraphic.com/RevisionColumna/>

Al momento de la inscripción del manuscrito, el autor y los coautores deberán contar con su ORCID (*Open Researcher and Contributor ID*), para lo cual pueden acceder de manera gratuita en el link: <https://orcid.org/register>

Deberá descargar los siguientes documentos: a) hoja de conflicto de intereses y b) hoja de cesión de derechos, mismas que deberá imprimir, llenar y escanear para subirlas a la plataforma, junto con el manuscrito y la hoja de autorización del protocolo.

EL ARTÍCULO DEBE INCLUIR:

Artículo original

- 1. Un resumen estructurado** (español e inglés): de 250 palabras, que incluya cinco párrafos, con los encabezados: *introducción, objetivos, material y métodos, resultados, conclusiones* y *nivel de la evidencia* (para los artículos clínicos) o *importancia clínica* (para los artículos de ciencia básica). Para la sección de *nivel de evidencia*, describa el tipo de estudio y asigne el nivel de evidencia. *Palabras clave/keywords*: de 4-6, que se encuentren indexadas a los Descriptores en ciencias de la salud o en los *Medical Subject Headings* (MeSH).
- 2. Introducción:** indique el problema que indujo el estudio, incluyendo una revisión de la literatura relevante. Muestre la hipótesis o el propósito del estudio. Es preferible que se haga en forma de una pregunta que describa las características del estudio, de la población o de la muestra estudiadas y la medición de los resultados primarios. El último renglón será el objetivo del estudio.
- 3. Material y métodos:** describa en detalle el diseño del estudio usando términos metodológicos estándar tales como: estudio de cohortes, retrospectivo o prospectivo, ensayo prospectivo aleatorizado, casos controles, transversal o longitudinal, etc. Los diseños deben incluir información sobre la muestra que contengan:



cómo fue tomada, cómo se identifican los criterios de inclusión, exclusión y eliminación y cómo se calculó el tamaño de la muestra.

4. **Resultados:** proporcione un informe detallado de los datos obtenidos durante el estudio, los datos del texto de todo el manuscrito deben concordar con el título, los objetivos y la metodología utilizada, incluya ilustraciones, leyendas o tablas que expliquen pero que no redunden en la información descrita.
5. **Discusión:** describa ¿qué demuestra su estudio? ¿Su hipótesis se confirma o se rechaza? Discuta la importancia de los resultados y conclusiones del artículo con respecto a la literatura relevante mundial; no haga revisiones exhaustivas, una revisión completa de la literatura es innecesaria. Analizar reflexivamente los datos y discutir las fortalezas, debilidades y limitaciones del estudio.
6. **Tablas e ilustraciones:** una *tabla* organiza los datos en columnas y filas y debe titularse. Un *cuadro* sirve para resaltar o puntualizar una idea dentro del texto. Cada tabla y/o ilustración debe tener un título conciso que describa lo que muestra en la figura. Incluir leyendas en el archivo de texto del manuscrito, no en el archivo de tabla o ilustración. Las leyendas comienzan con el término “Figura”, “Tabla” o “Cuadro” en negrita, seguido por el número arábigo de figura y/o tabla/cuadro, también en negrita. Se deben señalar el lugar dentro del texto en donde se incluirán. Mencionar el orden en que se presentan. El número de cuadros y/o tablas, no debe exceder un total de seis. Los formatos permitidos: PDF, JPG, DOC y XLS, el archivo debe pesar más de 7 Kb y menos de 4.2 Mb.

Nota: Cuando use una cámara fotográfica digital para crear imágenes, programar la cámara en formato JPG, ajustando la resolución a un mínimo de 300 ppi (píxeles por pulgada).

Las imágenes en escala de grises, incluyendo radiografías, deben tener una resolución mínima de 300 ppi.

Los dibujos o creaciones artísticas deben tener una resolución mínima de 1,200 ppi.

7. **Referencias:** no deben incluirse citas de resúmenes de reuniones con más de tres años. Las referencias se deben numerar de forma arábica conforme al orden de aparición en el texto (no alfabéticamente) y deben estar en el formato tipo

Vancouver. Nombre del autor. Título completo del artículo. Abreviatura de la revista utilizada en Index. Año de publicación. Volumen en números arábigos. Número (entre paréntesis). Paginación. Todas las referencias deben estar citadas en el texto y ser identificadas por un número arábigo y por *doi*, con un mínimo de 15 y un máximo de 45 referencias.

Artículo de revisión

Se trata de una selección de publicaciones de un tema específico y se analiza la información presentando discusión y conclusiones, se sugiere que tenga como mínimo 15 referencias bibliográficas de los últimos cinco años y sus objetivos a cumplir son:

- Identificar qué se conoce y desconoce sobre el tema.
- Indicar lo relevante y controvertido.
- Ahorra el tiempo de buscar, seleccionar, leer en forma crítica y resumir documentos primarios.
- Ofrecer información actual, global o resumida en el idioma del lector.
- Discutir y comparar las conclusiones de diferentes estudios.
- Comparar lo descrito en varios estudios con lo que conoce el autor.
- Mostrar la evidencia disponible, aplicable y recomendable.
- Dar respuesta a nuevas preguntas.
- Compactar y sintetizar conocimientos nuevos, útiles o que se encuentren fragmentados en varias publicaciones.
- Encontrar nuevas tendencias y futuras líneas de investigación.

Reporte de caso

Presenta un caso real de una patología y evolución de un paciente.

Consta de un resumen en español e inglés de máximo 200 palabras en formato libre, introducción, presentación del caso, discusión, ilustraciones y referencias.

El autor debe revisar previamente la literatura médica, con el fin de investigar si el caso tiene o no algún precedente o si ha sido descrito alguna vez, debe reflejar el razonamiento que ha seguido a lo largo de todo el proceso diagnóstico y terapéutico, sin olvidar que su redacción debe ser amena para poder cumplir su función docente.

“Todos los médicos tenemos siempre un caso digno de publicar”.

Este tipo de publicaciones no debe exceder 1,000 palabras, con un resumen de 200 palabras, tener un mínimo de 20 referencias bibliográficas y regularmente el número total de cuadros y figuras con un máximo de seis, entre tablas y fotografías.

El reporte de un caso consta de las siguientes secciones:

1. **Título:** debe ser breve, claro, específico, sencillo, impactante, llamativo, “útil y novedoso”.
2. **Resumen:** debe ser corto, concreto, fácil de leer. Incluye 200 palabras, describiendo los aspectos sobresalientes del caso y por qué amerita ser publicado.
3. **Introducción:** para dar una idea específica del tema, sustentada con argumentos (epidemiológicos y/o clínicos) el **por qué se publica**, su **justificación clínica** o por sus **implicaciones para la salud pública**. Debe realizarse una revisión crítica de la literatura sobre otros casos similares, destacando la gravedad, dificultad para su reconocimiento, forma de presentación y debe incluir un mínimo de 20 artículos como referencias.
4. **Presentación del caso:** describir de manera cronológica los datos de la enfermedad y la evolución del paciente, incluye la sintomatología, la historia clínica relevante, los datos importantes sobre la exploración física, los resultados de exámenes o pruebas diagnósticas, el tratamiento y el desenlace (mejoría, falta de respuesta, o muerte). Narrar el proceso para llegar al diagnóstico y describir de manera precisa las técnicas quirúrgicas o métodos diagnósticos utilizados en el paciente. Debe proteger la confidencialidad del paciente (omitir el nombre y el número de historia clínica). Si publica una foto ilustrativa del caso se debe proteger su identidad, describiendo en el pie de figura las características de dicha imagen.
5. **Discusión:** es la interpretación de los resultados en el contexto del conocimiento científico prevalente, en relación con el mensaje principal y el conocimiento nuevo que aporta este reporte del caso. Es un recuento de los hallazgos principales del caso clínico, donde se destacan sus particularidades o contrastes, comparándolo con lo ya escrito, debe sustentar el diagnóstico con evidencia clínica y de laboratorio; habla de las limitaciones de las evidencias, debe discutir cómo se hizo el diagnóstico diferencial y si otros diagnósticos fueron descartados adecuadamente. El caso debe compararse con lo ya escrito, sus semejanzas y sus diferencias y se enfatiza lo relevante y cuál

es su aportación científica. Es muy importante **NO** hacer generalizaciones basadas en el caso o casos descritos, ya que hay que recordar que el nivel de evidencia es tipo IV.

6. **Conclusión:** resalta alguna aplicación o mensaje claro relacionado con el caso. Incluye los comentarios de la solución del caso reseñando sus particularidades científicas, su novedad o cómo se manejó la incertidumbre, sirve para clarificar aspectos discutibles. Por su finalidad educativa debe tener una enseñanza que se proyecte en el futuro por medio de recomendaciones para el manejo de pacientes similares o las líneas de investigación que podrían originarse a propósito del caso.
7. **Referencias:** deben ser relevantes, actualizadas y relacionadas con el caso (apegarse al sistema tipo Vancouver y listar un mínimo de 20 citas).
8. **Anexos:** Incluye las figuras y tablas, entendiendo que un caso debe ser lo más gráfico posible y se sugiere que no excedan de seis.

Declaración de posición

Documento de fuente secundaria, en donde se busca establecer una opinión o postura hacia un problema de manera clara y concisa. Se establece una discusión sin realizar ningún tipo de experimento, pero sí justificando cada una de las opiniones que se derivan en posturas objetivas sobre el tema. Consta de un *Resumen* en español e inglés de 250 palabras; 4-6 *palabras clave* y *keywords*; *Introducción*, en donde se define el problema, se toma en consideración la justificación dentro del entorno que se quiere discutir y datos epidemiológicos que sustenten la propuesta; *Objetivo*, *Metodología*; *Postura*, ésta se divide en General y Específica; *Resultados*; *Discusión* y *Conclusión*.

Partes de la postura

General

Definición y explicación de los términos principales o conceptos básicos concernientes al tema de debate.

Enumeración de acontecimientos.

Reseña de documentos que se consideran importantes y respaldan su posición.

Específica

Posición de salud que sostiene frente al tema en cuestión.

Soluciones a los problemas planteados.
Recomendaciones y consideraciones hacia decisiones y criterios como enseñanza e investigación.

Cartas al editor

Sección dedicada al análisis y reflexión sobre problemas de salud de la población, distintos enfoques preventivos y terapéuticos, avances logrados en el campo de investigación ortopédica y biomédica.

Sólo se aceptan cartas al editor por invitación del editor.

Extensión máxima de dos páginas y cinco referencias.

Historia de la Patología de Columna

Aspectos históricos de relevancia en cualquier área de la Patología de Columna.

La extensión máxima es de 15 cuartillas.

Introducción: antecedentes claros y sustentados en las referencias.

Referencias: las citas deberán apearse al formato establecido en la guía de autores, numeradas por orden de aparición.

Figuras y/o tablas o fotografías: deberán estar al final del manuscrito después de la bibliografía donde deberán colocar debajo de la imagen el número de figura y/o tabla o fotografía, así como la descripción de la misma.

Ejemplo: *Figura 1. Técnica de capsulodesis dorsal de Blatt.*

No deben ser excesivas máximo seis, siendo éstas pertinentes en el documento.

DOCUMENTOS PARA ADJUNTAR EN LA PLATAFORMA

- Primera página, la cual incluye: títulos largos y cortos en español e inglés, nombre de los autores, institución de adscripción de cada autor; dirección, teléfono y correo electrónico del autor de correspondencia.
- Manuscrito, el cual incluye: resumen estructurado en español e inglés; palabras clave y *keywords*; texto integrado por las siguientes secciones: introducción, material y métodos, resultados, discusión, agradecimientos y referencias, cuadros y/o figuras. Éstas se colocarán al final del manuscrito, cada uno con su numeración correspondiente y pie de página.
- Cesión de derechos firmada autógrafa del autor y todos los coautores (pdf).
- Conflicto de intereses: los autores deben escribir cualquier relación financiera o personal que tengan con otras personas u organizaciones y que pudieran dar lugar a un conflicto de intereses en relación con el artículo que se remite para publicación (pdf).
- Responsabilidades éticas: en relación con los posibles conflictos de intereses, el derecho de los sujetos a la privacidad y confidencialidad, así como la aprobación del Comité de Bioética de la institución correspondiente en el caso de estudios clínicos y experimentales (pdf).

REQUISITOS ADICIONALES

Todos los trabajos deberán incluir sin excepción título, nombre y apellido(s) de cada autor (sin títulos o cargos); departamentos institucionales en los que están adscritos, nombre y dirección actual del autor de correspondencia, texto completo, tablas e ilustraciones.

Los artículos originales, artículos de revisión y casos clínicos, deberán contener una primera página con todos los datos, un segundo archivo con el manuscrito totalmente anónimo, las declaraciones de conflicto de intereses, financiamiento y responsabilidades éticas.

En caso de utilizar abreviaturas, éstas deben ser definidas en la primera mención y se utilizan sistemáticamente a partir de entonces.

En caso de financiamiento, el autor debe mencionar las organizaciones que apoyan su investigación en una sección de dentro de su manuscrito, incluyendo los números de subvención en caso de que sean necesarios. En caso de agradecimientos, éstos pueden ser: reconocimientos de la gente, subvenciones, fondos, etc., y deben colocarse en una sección aparte antes de la lista de referencias.

Una vez tomado en cuenta las siguientes recomendaciones, podrá subir su documento en la plataforma de medigraphic.com siguiendo los puntos que se definen en cada casilla.

En caso de requerir alguna información puede enviar su correo a la dirección cirugiadecolumnaedicion@hotmail.com donde podrá recibir comentarios del seguimiento de su manuscrito.

Nota: al momento de ingresar el manuscrito a la plataforma de la Revista Cirugía de Columna en Medigraphic, se sugiere utilizar "Chrome", ya que la plataforma funciona mejor.



Estimado Comité Editorial:

Sometemos a su consideración el manuscrito original:

Este manuscrito no ha sido publicado anteriormente y no está siendo considerado publicación en ninguna parte. Ninguno de los autores tiene conflicto de intereses respecto a esta publicación o con el material de investigación que se describe. La investigación no recibió apoyo financiero.

La versión final del manuscrito, incluyendo el orden de los autores, ha sido aprobada por todos ellos. Al autor de correspondencia deberá dirigirse la comunicación respecto al manuscrito.

Muchas gracias por considerar este artículo.

Atentamente

_____ Nombre Autor Principal	_____ Firma
_____ Nombre Coautor	_____ Firma
_____ Nombre Coautor	_____ Firma
_____ Nombre Coautor	_____ Firma
_____ Nombre Autor de correspondencia	_____ Firma

Datos autor de correspondencia

Dirección: _____

Teléfono: _____

E-mail: _____





Los autores declaran que para el manuscrito:

No se han realizado experimentos en seres humanos ni en animales.

Los autores declaran que en este artículo no aparecen datos de pacientes.

Los autores declaran no tener conflicto de intereses respecto a este trabajo.

Atentamente

Nombre Autor Principal	Firma
Nombre Coautor	Firma
Nombre Coautor	Firma
Nombre Coautor	Firma
Nombre Autor de correspondencia	Firma

Datos autor de correspondencia

Dirección: _____

Teléfono: _____

E-mail: _____



