

# CIRUGÍA DE COLUMNA

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

## EDITORIAL

¿Otra revista de columna vertebral?  
*Herman Michael Dittmar Johnson*

## ARTÍCULOS ORIGINALES

Contenido-continente cervical y mielopatía: propuesta para una nueva clasificación  
*Antonio Sosa-Nájera, Abrahan A Tafur-Grandett, Amado González-Moga, Hugo Santos-Benitez, Juan E Guzmán-Carranza, Miguel A Fuentes-Rivera, Gabriel Huerta-Hernández, Iris J Sotelo-Mayoral*

Factores predictivos de sangrado mayor en artrodesis posterior instrumentada en pediátricos con diferentes etiologías de escoliosis  
*Brenda Berenice Delángel Solís Cámara, Hugo Vilchis Sámano, Cristian Yiovanny Pinzón Largo*

Disfunción diafragmática en el enfermo grave con mielopatía espondilótica cervical  
*Guillermo David Hernández-López, Diana Escobar-Ortiz, Nancy Verónica Alva-Arroyo, Eulalio Elizalde-Martínez, Alfredo J Moheno-Gallardo*

## ARTÍCULO DE REVISIÓN

Ventajas de la integridad biomecánica sacra durante la fusión lumbar y toracolumbar en pacientes sin patología del segmento L5-S1  
*Alejandro Marina Garduño, José María Jiménez Ávila*

## CASOS CLÍNICOS

Fractura de Jefferson y trauma subaxial de columna cervical, resolución quirúrgica, abordaje 360°: C1 tornillos a masas laterales y corpectomía C7: reporte de un caso  
*Magdiel Adán Cruz Guzmán, Ricardo Erik Robles Ortiz, Alejandro Fabián Rodríguez Messina, José Francisco Sánchez Sánchez, José Miguel Martínez Betanzos*

Análisis volumétrico en una paciente con fractura por aplastamiento de T12 tratada mediante cifoplastia percutánea con un dispositivo intravertebral (Spine Jack)  
*Enrique González-Gallardo, Guy G Broc-Haro, Juan D Del Castillo-Calcaño*

Complicaciones posteriores a infiltración por ozonoterapia para el tratamiento de degeneración discal y radiculopatía lumbar  
*José Miguel Martínez Betanzos, Ricardo Erik Robles Ortiz, Alejandro Fabián Rodríguez Messina, José Francisco Sánchez Sánchez, Magdiel Adán Cruz Guzmán, Daniel Ramirez de los Santos, Eric Francés Sánchez, Sofía Sánchez Juárez*

## HISTORIA DE LA CIRUGÍA DE COLUMNA

Historia de la cirugía de columna en México y el mundo  
*José de Jesús González Mercado, José María Jiménez Ávila, Enrique Vargas Uribe*

## ARTÍCULO ESPECIAL

Análisis crítico de la literatura científica  
*José María Jiménez Ávila, Marlene Vanessa Salcido Reyna, Liliana Paola Farfán Lara*

**Vol. 1, Núm. 3, Julio-Septiembre 2023**

[www.medigraphic.com/cirugiadecolumna](http://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 2022-2023

Dr. Eulalio Elizalde Martínez  
**Presidente**

Dr. Antonio Canales Nájera  
**Vicepresidente**

Dr. Radamés Ramírez Cano  
**Secretario**

Dr. Gerson Gómez Flores  
**Tesorero**

## DIRECTORIO EDITORIAL

### Editor Ejecutivo

Eulalio Elizalde Martínez

### Editor en Jefe

José María Jiménez Ávila

### Comité Editorial

José Antonio Canales Nájera  
Gerson Gómez Flores  
Radamés Ramírez Cano  
Erika Vanessa Tapia Flores  
Luis Antonio Saavedra Badillo  
Juan Enrique Guzmán Carranza  
David Fernando Servín Carmona  
Eduardo Callejas Ponce  
Gabriel Herrera Zarco  
Jesús N. Bernal Márquez  
Omar Sánchez García  
Óscar Martínez Gutiérrez

### Comité Editores Asociados

Adrián García Suárez  
Agustín Téllez Duarte  
Alfonso García Chávez  
Antonio Sosa Nájera  
Cristina Velarde Torres  
Cristóbal Herrera Palacios  
Daniel Rodríguez Moreno  
Edgar Enrique Leyva Medellín  
Hugo Gutiérrez Patiño  
Hugo Vilchis Sámano  
Iliana Margarita Gómez Silva  
Isidro Flores Cisneros  
Jesús Manuel Herrera León  
José Carlos Sauri Barraza  
José Luis Alcocer Manrique  
Mario Armando Caloca Pichardo  
Miguel Ángel Andrade Ramos  
Noé Santiago Ramírez  
Óscar Eduardo Vega Pérez  
Otoniel Villarreal Cantú  
Patricia González Sánchez  
Ramón Ortega Padrón  
Raúl Mendoza Díaz  
Víctor Paul Miramontes Martínez  
Víctor Sandoval Sánchez

### Consejo Editorial

Michael Dittmar 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

### 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 (Sao Paulo, Brasil)

Jaime Moyano Aguilar  
Cirujano Ortopédico de Columna  
Hospital Meteopolitano (Quito, Ecuador)

Jong-Beom Park  
Editor de la revista Asian Spine  
Journal (Seúl, 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)

**Comité de Edición**  
Marlene Vanessa Salcido Reyna  
Paulina Muleiro Estévez  
Liliana Paola Farfán Lara



**Cirugía de Columna** Vol. 1, Nº 3 Julio-Septiembre 2023. 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](http://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 en trámite. 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 29 de Septiembre de 2023.





## Editorial

- 132 ¿Otra revista de columna vertebral?  
Herman Michael Dittmar Johnson

## Artículos originales

- 133 Contenido-continente cervical y mielopatía: propuesta para una nueva clasificación  
Antonio Sosa-Nájera, Abrahan A Tafur-Grandett, Amado González-Moga,  
Hugo Santos-Benítez, Juan E Guzmán-Carranza, Miguel A Fuentes-Rivera,  
Gabriel Huerta-Hernández, Iris J Sotelo-Mayoral
- 140 Factores predictivos de sangrado mayor en artrodesis posterior  
instrumentada en pediátricos con diferentes etiologías de escoliosis  
Brenda Berenice Delángel Solís Cámara, Hugo Vilchis Sámano, Cristian Yiovanny Pinzón Largo
- 148 Disfunción diafragmática en el enfermo grave con mielopatía espondilótica cervical  
Guillermo David Hernández-López, Diana Escobar-Ortiz, Nancy Verónica Alva-Arroyo,  
Eulalio Elizalde-Martínez, Alfredo J Moheno-Gallardo

## Artículo de revisión

- 158 Ventajas de la integridad biomecánica sacra durante la fusión lumbar  
y toracolumbar en pacientes sin patología del segmento L5-S1  
Alejandro Marina Garduño, José María Jiménez Ávila

## Casos clínicos

- 168 Fractura de Jefferson y trauma subaxial de columna cervical, resolución quirúrgica,  
abordaje 360°; C1 tornillos a masas laterales y corpectomía C7: reporte de un caso  
Magdiel Adán Cruz Guzmán, Ricardo Erik Robles Ortiz, Alejandro Fabián Rodríguez Messina,  
José Francisco Sánchez Sánchez, José Miguel Martínez Betanzos
- 174 Análisis volumétrico en una paciente con fractura por aplastamiento de T12 tratada  
mediante cifoplastia percutánea con un dispositivo intravertebral (Spine Jack)  
Enrique González-Gallardo, Guy G Broc-Haro, Juan D Del Castillo-Calcáneo
- 180 Complicaciones posteriores a infiltración por ozonoterapia para el  
tratamiento de degeneración discal y radiculopatía lumbar  
José Miguel Martínez Betanzos, Ricardo Erik Robles Ortiz, Alejandro Fabián Rodríguez Messina,  
José Francisco Sánchez Sánchez, Magdiel Adán Cruz Guzmán, Daniel Ramírez de los Santos,  
Eric Francés Sánchez, Sofía Sánchez Juárez

## Historia de la cirugía de columna

- 187 Historia de la cirugía de columna en México y el mundo  
José de Jesús González Mercado, José María Jiménez Ávila, Enrique Vargas Uribe

## Artículo especial

- 196 Análisis crítico de la literatura científica  
José María Jiménez Ávila, Marlene Vanessa Salcido Reyna, Liliana Paola Farfán Lara

**Editorial**

- 132** *Another spine journal?*  
Herman Michael Dittmar Johnson

**Original articles**

- 133** *Cervical continent-content and myelopathy: proposal for a new classification*  
Antonio Sosa-Nájera, Abrahan A Tafur-Grandett, Amado González-Moga,  
Hugo Santos-Benítez, Juan E Guzmán-Carranza, Miguel A Fuentes-Rivera,  
Gabriel Huerta-Hernández, Iris J Sotelo-Mayoral
- 140** *Predictive factors of major bleeding in instrumented posterior  
arthrodesis of pediatric patients with scoliosis*  
Brenda Berenice Delángel Solís Cámara, Hugo Vilchis Sámano, Cristian Yiovanny Pinzón Largo
- 148** *Diaphragmatic dysfunction in critically ill patients with cervical spondylotic myelopathy*  
Guillermo David Hernández-López, Diana Escobar-Ortiz, Nancy Verónica Alva-Arroyo,  
Eulalio Elizalde-Martínez, Alfredo J Moheno-Gallardo

**Review**

- 158** *Advantages of sacral biomechanical integrity during lumbar and  
thoracolumbar fusion in patients without L5-S1 segment pathology*  
Alejandro Marina Garduño, José María Jiménez Ávila

**Clinical cases**

- 168** *Jefferson's fracture and subaxial cervical spine trauma, surgical resolution, 360°  
approach; C1 screws to lateral masses and C7 corpectomy: case report*  
Magdiel Adán Cruz Guzmán, Ricardo Erik Robles Ortiz, Alejandro Fabián Rodríguez Messina,  
José Francisco Sánchez Sánchez, José Miguel Martínez Betanzos
- 174** *Volumetric analysis in a patient with T12 burst fracture treated percutaneously  
with intravertebral device kyphoplasty (Spine Jack) system*  
Enrique González-Gallardo, Guy G Broc-Haro, Juan D Del Castillo-Calcaño
- 180** *Complications after infiltration by ozone therapy for the treatment  
of disc degeneration and lumbar radiculopathy*  
José Miguel Martínez Betanzos, Ricardo Erik Robles Ortiz, Alejandro Fabián Rodríguez Messina,  
José Francisco Sánchez Sánchez, Magdiel Adán Cruz Guzmán, Daniel Ramírez de los Santos,  
Eric Francés Sánchez, Sofía Sánchez Juárez

**Spine surgery's history**

- 187** *Spine surgery's history in Mexico and world*  
José de Jesús González Mercado, José María Jiménez Ávila, Enrique Vargas Uribe

**Special article**

- 196** *Critical analysis of scientific literature*  
José María Jiménez Ávila, Marlene Vanessa Salcido Reyna, Lilitiana Paola Farfán Lara



## ¿Otra revista de columna vertebral?

### *Another spine journal?*

Herman Michael Dittmar Johnson\*

doi: 10.35366/112795

¿Por qué otra revista de columna vertebral?

En este tercer número de la recién creada revista de *Cirugía de Columna*, Órgano Oficial de Difusión Científica de la Asociación Mexicana de Cirujanos de Columna (AMCICO), nos preguntaríamos si es necesario otro medio de difusión científica de lo que hacemos.

La asociación, al cumplir sus primeros 25 años, y evidentemente sus agremiados, ya tenemos la madurez de generar nuestra propia revista y, con las facilidades actuales para poder acceder y transferir en forma digital, esto nos permite tener un excelente medio para que lleguen a todos nuestros agremiados del país, además de ser un referente a nivel mundial.

Las nuevas generaciones, afortunadamente, se dan cuenta de la importancia de poder publicar para conseguir credibilidad en la investigación elaborada. Tenemos más equipos de trabajo consolidados para generar material de primera línea.

Los criterios y avances en la medicina, y no sólo en nuestra área de cirugía de columna vertebral, se generan en forma acelerada, por lo que auguro que la frecuencia y cantidad de publicaciones se incrementará en forma exponencial.

Felicidades a la Mesa Directiva 2022-2023 y a los editores de la revista por este gran logro. Pongamos recursos para que nuestras publicaciones sean de gran interés para nuestra comunidad y la internacional.

Pongo a consideración de nuestros editores, la posibilidad de publicar las guías de manejo en las patologías de columna en nuestro país y así logremos un mayor impacto y referencia; en esa forma, nuestra revista pasará a ser un referente para cada uno de sus miembros de esta asociación.

Invitamos a todos nuestros lectores a que generen en esta revista, un producto útil y del que podamos estar orgullosos incluso en los siguientes 25 años, y no sea otra revista de columna vertebral.

\* Centro Médico Puerta de Hierro Norte. Andares.  
ORCID: 0000-0002-8024-7032

**Correspondencia:**  
**Herman Michael Dittmar Johnson**  
**E-mail:** dittmar@cdcolumna.com

**Citar como:** Dittmar JHM. ¿Otra revista de columna vertebral? *Cir Columna*. 2023; 1 (3): 132. <https://dx.doi.org/10.35366/112795>





July-September 2023  
Vol. 1, no. 3 / pp. 133-139

Received: May 11, 2023  
Accepted: May 29, 2023

doi: 10.35366/112796

# Cervical continent-content and myelopathy: proposal for a new classification

## *Contenido-continente cervical y mielopatía: propuesta para una nueva clasificación*

Antonio Sosa-Nájera,<sup>\*,†</sup> Abrahan A Tafur-Grandett,<sup>§</sup> Amado González-Moga,<sup>\*</sup>  
Hugo Santos-Benítez,<sup>¶</sup> Juan E Guzmán-Carranza,<sup>\*</sup> Miguel A Fuentes-Rivera,<sup>\*</sup>  
Gabriel Huerta-Hernández,<sup>\*</sup> Iris J Sotelo-Mayoral<sup>\*</sup>

### Keywords:

myelopathy, content,  
continent, Nurick scale.

### Palabras clave:

mielopatía, contenido,  
continente, escala de Nurick.

### ABSTRACT

**Introduction:** degenerative cervical myelopathy (DCM) is the most common cause of spinal cord dysfunction. It can lead to progressive disability and paralysis due to chronic compression of the spinal cord. **Objective:** perform a new classification according to the diameter of the cervical canal measured in millimeters and its correlation with the Nurick scale of the patient. **Material and methods:** observational, retrospective, transversal and descriptive study, from January 01, 2019 to December 31, 2019 at the ISSEMyM Ecatepec Medical Center, State of Mexico, Mexico. **Results:** in an effort to propose a new classification, the Nurick scale grade was used and a one-way analysis of variance (ANOVA) was performed to associate the grade to the scale, which was highly significant ( $p < 0.001$ ). **Conclusion:** we propose this "SOSA" grading system to measure the cervical spinal canal on a sagittal T2-weighted MRI.

### RESUMEN

**Introducción:** la mielopatía cervical degenerativa (MCD) es la causa más común de disfunción de la médula espinal. Puede provocar discapacidad progresiva y parálisis debido a la compresión crónica de la médula espinal. **Objetivo:** realizar una nueva clasificación según el diámetro del canal cervical medido en milímetros y su correlación con la escala de Nurick del paciente. **Material y métodos:** estudio observacional, retrospectivo, transversal y descriptivo, del 01 de enero de 2019 al 31 de diciembre de 2019 en el Centro Médico ISSEMyM Ecatepec, Estado de México, México. **Resultados:** en un esfuerzo por proponer una nueva clasificación, se utilizó el grado de la escala Nurick y se realizó un análisis de varianza (ANOVA) de una vía para asociar el grado a la escala, siendo altamente significativa ( $p < 0.001$ ). **Conclusión:** proponemos este sistema de clasificación "SOSA" para medir el canal espinal cervical en una resonancia magnética ponderada en T2 sagital.

### INTRODUCTION

Degenerative cervical myelopathy (DCM) is the most common cause of spinal cord dysfunction.<sup>1</sup> It can lead to progressive disability and paralysis due to chronic compression of the spinal cord.<sup>1,2</sup> The incidence and prevalence of degenerative

\* Centro Médico ISSEMyM Ecatepec.  
Estado de México, México.

† Hospital Ángeles Morelia,  
Morelia, Michoacán, México.  
ORCID: 0000-0002-9456-0118

§ Centro Médico "Lic. Adolfo  
López Mateos", Instituto de Salud  
del Estado de México, Toluca,  
Estado de México, México.  
ORCID: 0000-0001-8874-372X

¶ Unidad de Cirugía Cerebral y  
de Columna Vertebral, Clínica  
Ruber, Madrid, España.

### Correspondence:

Abrahan Alfonso Tafur-Grandett  
E-mail: atafur.grandett@hotmail.com

**How to cite:** Sosa-Nájera A, Tafur-Grandett AA, González-Moga A, Santos-Benítez H, Guzmán-Carranza JE, Fuentes-Rivera MA, et al. Cervical continent-content and myelopathy: proposal for a new classification. *Cir Columna*. 2023; 1 (3): 133-139. <https://dx.doi.org/10.35366/112796>





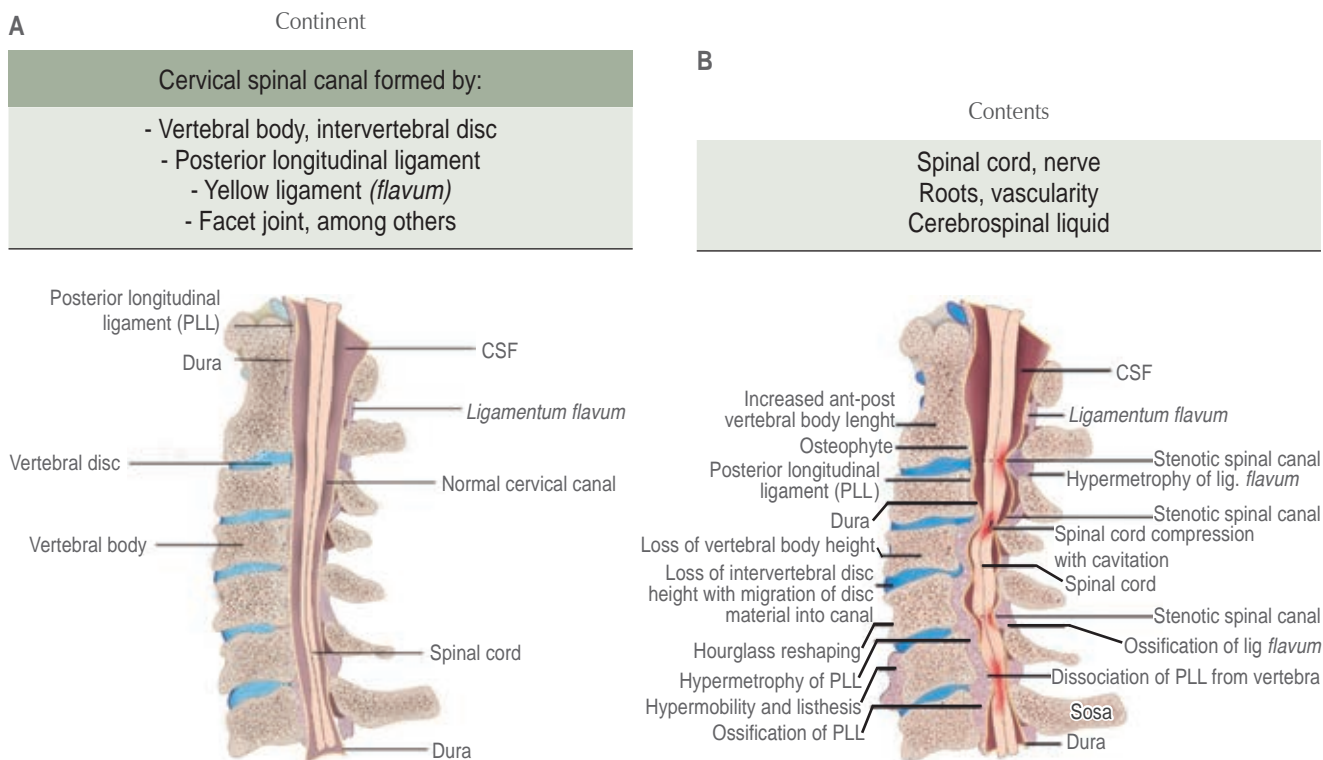
causes of spinal myelopathy are estimated to be as low as 41 and 605 per million in North America.<sup>3</sup> Hospitalizations have been estimated at 4.04 per 100,000 person years, and surgical rates appear to be increasing.<sup>3</sup> The incidence of cervical spondylotic myelopathy (CSM), ossification of the posterior longitudinal ligament (OPLL), ossification of the ligamentum flavum (OLF), and degenerative disc disease (DDD) in the general population varies, is significantly influenced by location geographic and ethnic origin, with the highest prevalence reported in East Asian countries.<sup>4</sup>

Non-traumatic and degenerative forms of cervical myelopathy represent the most common cause of spinal cord impairment in the elderly population.<sup>3,5</sup> The main problem is the propensity for degenerative changes that cause stenosis of the spinal canal, leading to compression of the spinal cord and eventually lead to disability due to the development of myelopathy.<sup>3</sup>

With repeated use of everyday life, periods of trauma, overuse, and other environmental factors, intervertebral discs (IVDs) begin to degenerate,

disrupting the load-bearing and load-transfer functions of the intervertebral joint.<sup>5,6</sup> As a result, there is increased stress on the joint, cartilage end plates, and hypermobility in adjacent segments.<sup>5,6</sup> The unequal pressure forces exerted on the vertebrae as a consequence of these structural changes are thought to promote the formation of osteophytic spurs in a process of adaptive remodeling aimed at stabilizing an unstable spinal segment.<sup>7</sup> These changes include structural disc failure (eg, annular tears, bulging or herniation, and/or additional loss of disc height), osteophyte formation, and ligament hypertrophy and calcification.<sup>8,9</sup>

Pathophysiologically, symptomatic degenerative cervical myelopathy (DCM) may result from static compression of the spinal cord, spinal malalignment leading to impaired cord tension and vascular supply, and repeated dynamic injury due to segmental hypermobility.<sup>3</sup> The resulting chronic ischemic injury, in conjunction with mechanical stretch, has been found to activate some key biological events and cause neural degeneration.<sup>10</sup>

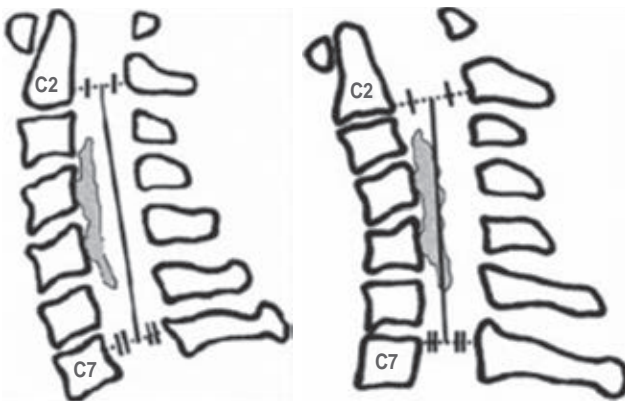


**Figure 1: A)** Structures that make up the normal cervical content-continent. **B)** Degenerative pathological processes that result in reduction of the continent, affecting the content. CSF = cerebrospinal fluid. PLL = posterior longitudinal ligament.



**Table 1:** Nurick scale.

Degree 0: signs or symptoms of root involvement, but no evidence of spinal cord disease
Degree I: signs of spinal cord disease, but no difficulty walking
Degree II: slight difficulty walking that does not interfere with work activity
Degree III: difficulty walking that interferes with work activity or the ability to do all household chores
Degree IV: able to walk alone with the help of another person or with the aid of a walker
Degree V: in a chair or in bed

**Figure 2:** K line representation.

Cervical myelopathy is induced by static factors (space available for the spinal cord), dynamic factors (range of intervertebral movement) or a combination of both.<sup>11</sup> Within the static factors we cite in this work the content and container, and its implications direct towards the cervical spinal cord due to the degenerative changes between each one (Figure 1), documented by a simple T2-weighted magnetic resonance study in sagittal section.

There are currently several systems for classifying disease severity at presentation. The 2 most commonly used are the Nurick scale and the Japanese Orthopedic Association (JOA) scale for the classification of cervical myelopathy (Table 1).<sup>4</sup>

The Research Committee for Ossification of Spinal Ligaments (part of the Japanese Ministry of Health, Labor and Welfare) established a commonly used classification system for OPLL.<sup>11,12</sup> This system classifies OPLL into 4 types: 1. continuous, a long lesion extending over several vertebral bodies; 2. segmental, one or more separate lesions behind the vertebral bodies; 3. mixed, a combination of the continuous and segmental types; and 4. circumscribed, mainly located posterior to a disc space.

Another widely cited system is the K line classification. The K line (Figure 2) was originally described by Fujiyoshi et al. as a straight line connecting the midpoints of the spinal canal at C2 and C7 on a neutral lateral radiograph.<sup>13</sup> A patient is classified as having K (-) line if the OPLL extends beyond the K line and as K (+) line if the OPLL does not.

The diagnosis of DCM requires a careful history and physical examination to identify signs and symptoms of myelopathy and rule out alternative diagnoses; the clinical findings must be correlated with the magnetic resonance findings.<sup>1</sup>

The current literature indicates that 23-54% of patients initially receiving nonoperative treatment require surgical intervention within a mean follow-up of 29-74 months, suggesting that structured nonoperative care does not produce lasting effects.<sup>14</sup> Traditionally, the primary goal of surgical intervention for DCM was to maintain current neurologic status and prevent further deterioration. However, evidence from the last decade suggests that surgical decompression may improve neurological function. To date, the AOSpine CSM North America (CSM-NA)<sup>25</sup> and AOSpine CSM International (CSM-I) studies are the largest prospective investigations of clinical outcomes after decompressive surgery for DCM. Both studies demonstrated that surgery significantly improves long-term neurological function (assessed using the mJOA scale and the Nurick grading system), disability (assessed using the NDI), and health-related quality of life.<sup>15</sup>

The central principle of surgical intervention is to relieve mechanical compression on the cervical spinal cord. Additionally, surgery may involve a fusion to rebuild and stabilize the spine and restore cervical alignment. Anterior, posterior, or combined surgical approaches may be used to achieve the goals of surgery. Anterior surgical procedures include anterior cervical discectomy and fusion, anterior cervical corpectomy and fusion, and combined (hybrid) discectomy-corpectomy constructs.<sup>16</sup> Subsequent

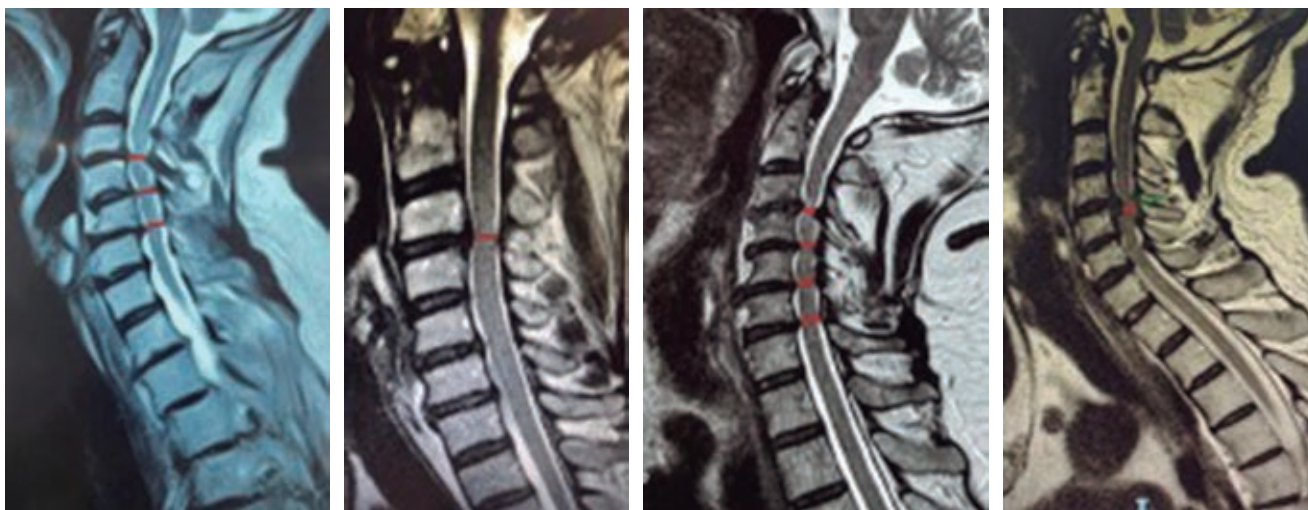
surgical procedures are usually laminectomy with instrumented fusion and laminoplasty.<sup>17</sup>

We suggest a simple, practical and reproducible classification system based on simple T2-weighted magnetic resonance imaging in sagittal section, where the narrowest diameter of C2-C7 is the one considered for this measurement (*Figure 3*). We propose that these measurements are always correlated with Nurick, as well as to individualize each patient for their correct treatment.

### MATERIAL AND METHODS

This is an observational, retrospective, transversal and descriptive study, in the period January 01, 2019 to December 31, 2019. Records and studies of cervical magnetic resonance, patients operated on or in cervical surgery protocol for stenotic cervical canal of origin were reviewed. degenerative with or without myelopathy in the spine surgery service, at the ISSEMyM Medical Center, Ecatepec, Mexico State, Mexico. Once the data was collected, a database was structured in the Excel program for Mac 2015, Version 15.13.3 (Microsoft). The qualitative variables were described with distributions of frequencies and percentages; while the quantitative variables used measures of central tendency and dispersion. The results will be presented in tables and graphs for the final research report at this Medical Center. The universe of work was all adult patients with a diagnosis

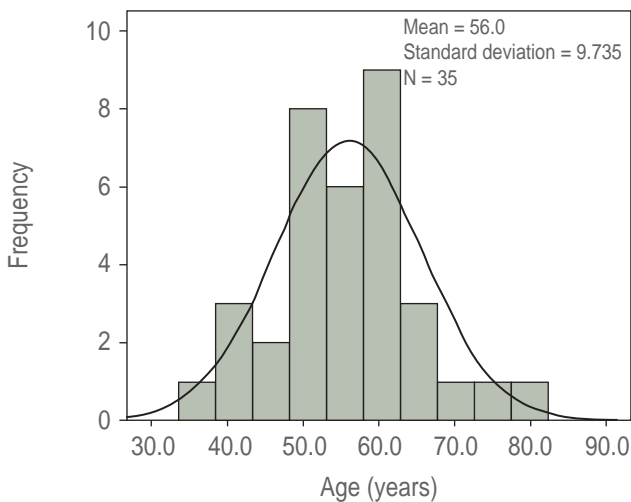
of stenotic cervical canal of degenerative origin with or without myelopathy, operators or undergoing surgery protocol in the Vertebral Column Surgery service of the ISSEMyM Ecatepec Medical Center in the State of Mexico from January 1, 2019 to December 31, 2019. The inclusion criteria for the study were Patients 18 years of age or older, patients who have a cervical magnetic resonance imaging study, diagnosis of degenerative narrow cervical canal, patients operated on or undergoing surgical protocol for degenerative narrow cervical canal, patients with evaluation of the scale Nurick preoperative and postoperative; the exclusion criteria were patients with a stenotic cervical canal of traumatic origin; and the elimination criteria were patients in the non-degenerative cervical spine surgery protocol, patients operated on for the non-degenerative cervical spine. The statistics used were descriptive. The discrete or qualitative variables, which for the present work are presented in frequency and respective percentage. For the contrast of continuous variables, ANOVA (one-way analysis of variance) was applied. To compare the different scales, the t-student parametric contrast statistic was used for independent samples. Data processing was carried out with the statistical package for the social sciences (SPSS Ver.23.0). Statistically significant figures were those associated with a p-value < 0.05. Contingency tables and bar graphs are presented in frequency and percentage. As well as histograms of continuous variables and trend line graphs.



**Figure 3:** Examples of measurement of the cervical spinal canal: simple magnetic resonance imaging of the cervical spine weighted in T2 in sagittal section.

## RESULTS

It is an observational cohort study, in which a review of the records and cervical magnetic resonance studies was carried out at the ISSEMyM Ecatepec Medical Center, patients operated on or undergoing cervical surgery protocol for stenotic cervical canal of degenerative origin with or without Myelopathy. The sampling was for convenience, the study was carried out in a period from January 01, 2019 to December 31, 2019 at the ISSEMyM Ecatepec Medical Center, Mexico. They constituted the total sample (N = 35), whose average age was 56 ±



To the extent of collating both sagittal and axial T2-weighted MRI scales

**Figure 4:** Age distribution. MRI = magnetic resonance imaging.

9.735 years, and according to the Kolmogorov-Smirnov criterion, said variable is normally distributed (statistical = 0.075, df = 335, Sig. = 0.200) (Figure 4).

To the extent of collating both sagittal and axial T2-weighted MRI scales. The correlation statistic (r-Pearson)  $r = 0.993$  was initially executed, obtaining a high value of the coefficient of determination ( $r^2 = 0.987$ ), that is, 98.7% of the data of the variables share variation, the statistical significance is very highly significant ( $p < 0.001$ ) which indicates a relevant change. The values are somewhat similar or similar. In addition, the parametric test statistic for related samples t-Student was used to contrast the average values of both SAGITTAL (mm) and AXIAL (mm) scales, providing a mean difference of  $-0.302$ , a small difference, since the ratio indicators 0.2, 0.5 and 0.8 are small medium and large according to methodological indications of the absolute value, in this case the discrepancy is between small and medium. The effect in favor of the SAGITTAL (mm) scale is an average value  $7.99 \pm 0.40$  slightly higher than the AXIAL (mm) with  $8.29 \pm 0.38$ . (t-Student =  $-0.542$ , df = 68, Sig. = 0.590). There is no statistical relevance, which infers that the null hypothetical approach is accepted; the values obtained by both scales are homogeneous. Confidence intervals at 95% are observed.

In an effort to propose a new classification, the grade of the Nurick scale was used, and a one-way analysis of variance (ANOVA) was performed to associate the grade to the scale. ( $F = 22.263$ , Sig. = 0.000), being very highly significant ( $p < 0.001$ ) (Table 2).

The modal value for the SAGITTAL scale (mm) was in grade II of “slight difficulty walking” in 11 participants (31.4%), providing an average value of  $9.06 \pm 0.4$  mm.

In a chair or in bed 2 (5.7%) with a mean of  $5.47 \pm 0.5$  mm and  $5.82 \pm 0.4$  mm respectively for SAGITTAL

**Table 2:** ANOVA of SAGITTAL measurements (mm) according to Nurick scale.

Nurick scale	N	Mean ± standard deviation	F	p
Grade			22.263	0.000*
0. No evidence of disease	—	—		
I. Without difficulty to walk	5	11.83 ± 0.9		
II. Light difficulty to walk	11	9.06 ± 0.4		
III. Difficulty to walk	8	7.25 ± 0.3		
IV. Needs help to walk	9	5.77 ± 0.2		
V. Dependent of chair or in bed	2	5.47 ± 0.5		
Total	35	7.99 ± 0.4		

\* Very highly statistically significant ( $p < 0.001$ ).

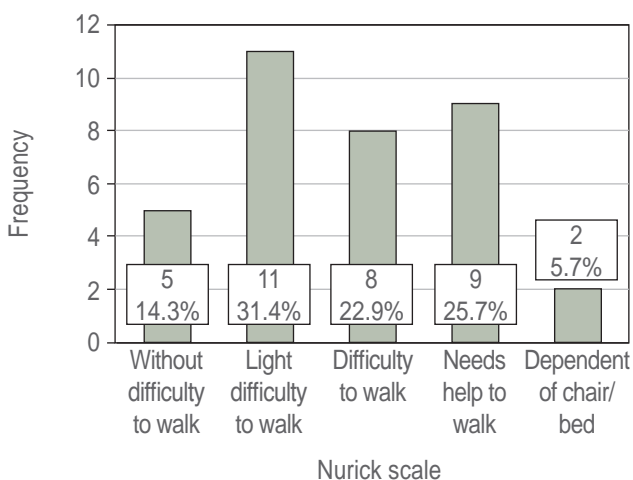


Figure 5: Nurick scale frequency.

Table 3: SOSA classification.

0	NCC 18-16 mm without myelopathy
1	NCC 15-13 mm without myelopathy
2a	NCC 12-11 mm without myelopathy
2b	NCC 12-11 mm with myelopathy
3a	NCC 10-7 mm without myelopathy
3b	NCC 10-7 mm with myelopathy
4	NCC 6 mm or less with myelopathy

NCC = Narrow Cervical Canal.

Table 4: SOSA + Nurick scale.

1 + N (0)	NCC Mild. Clinical and radiological surveillance
2a + N (0)	NCC Moderate. Moderate risk of myelopathy. Clinical and radiological surveillance
2b + N (I-V)	NCC Moderate. Surgical treatment
3a + N (0)	NCC Severe. High risk of myelopathy. Surgical treatment
3b + N (I-V)	NCC Severe. Urgent surgical treatment
4 + N (I-V)	NCC Critical. Urgent surgical treatment

NCC = Narrow Cervical Canal. N = Nurick.

(mm). No grade 0 No evidence of disease Nurick scale (Figure 5).

### DISCUSSION

Cervical degenerative disease in the ISSEMyM Ecatepec Medical Center was found in patients of the

6th decade of life, who are still in productive stages both socially and economically, for which it is of the utmost importance to detect in a timely manner the reduction of the spinal canal with or without myelopathy and give targeted treatment for the same. We propose this “SOSA” classification system to measure the cervical spinal canal on a sagittal T2-weighted MRI (Table 3).

Correlate it with the Nurick clinical scale to guide us definitively towards conservative and/or surgical treatment of the cervical spinal canal with or without myelopathy (Table 4).

When analyzing the 35 patients in question with this classification, a SOSA 0 was found: 0 Patients, SOSA 1: 0 patients, SOSA 2a: 5 patients, SOSA 2b: 0 patients, SOSA 3a: 0 patients, SOSA 3b: 19 patients and SOSA 4: 11 patients.

As the Spinal Continent decreases, it directly affects the content, which was clinically represented in our patients with myelopathy and/or radiculopathy.

### CONCLUSIONS

The purpose of this research work was to find a simple way to classify the cervical content-continent and its involvement in myelopathy, with a radiological study and an authorized clinical scale to guide us towards the definitive treatment to follow.

Finding that as the spinal continent decreases, it directly affects the content, which was clinically represented in our patients with myelopathy and/or radiculopathy.

For the choice of the approach route and the type of surgery to be carried out, each patient, number of levels affected and the surgeon’s expertise, among others, will have to be individualized. The greater the degree of narrowing of the continent, we find more clinical representation due to myelopathy due to content involvement.

### REFERENCES

1. Badhiwala JH, Ahuja CS, Akbar MA, et al. Degenerative cervical myelopathy update and future directions. *Nat Rev Neurol.* 2020; 16: 108-124. doi: 10.1038/s41582-019-0303-0.
2. Witiw CD, Fehlings MG. Degenerative cervical myelopathy. *CMAJ.* 2016; 189: E116. doi: 10.1503/cmaj.151478.
3. Nouri A, Tetreault L, Singh A, Karadimas SK, Fehlings MG. Degenerative cervical myelopathy. *Spine (Phila Pa 1976).* 2015; 40: E675E693. doi: 10.1097/brs.0000000000000913.
4. Head J, Rymarczuk G, Stricsek G, et al. Ossification of the posterior longitudinal ligament: surgical approaches



- and associated complications. *Neurospine*. 2019; 16: 517-529. doi: 10.14245/ns.1938222.111.
5. Kalsi-Ryan S, Karadimas SK, Fehlings MG. Cervical spondylotic myelopathy. *Neuroscientist*. 2012; 19: 409-421. doi: 10.1177/1073858412467377.
  6. Baptiste DC, Fehlings MG. Pathophysiology of cervical myelopathy. *Spine J*. 2006; 6: S190-S197. doi: 10.1016/j.spinee.2006.04.024.
  7. Galbusera F, Van Rijsbergen M, Ito K, et al. Ageing and degenerative changes of the intervertebral disc and their impact on spinal flexibility. *European Spine Journal*. 2014. doi: 10.1007/s00586-014-3203-4.
  8. Ferguson SJ, Steffen T. Biomechanics of the aging spine. *Eur Spine J*. 2003; 12: S97-S103. doi: 10.1007/s00586-003-0621-0.
  9. Stapleton CJ, Pham MH, Attenello FJ, Hsieh PC. Ossification of the posterior longitudinal ligament: genetics and pathophysiology. *Neurosurg Focus*. 2011; 30: E6. doi: 10.3171/2010.12.focus10271.
  10. Moon ES, Karadimas SK, Yu WR, Austin JW, Fehlings MG. Riluzole attenuates neuropathic pain and enhances functional recovery in a rodent model of cervical spondylotic myelopathy. *Neurobiol Dis*. 2014; 62: 394-406. doi: 10.1016/j.nbd.2013.10.020.
  11. Tetreault L, Nakashima H, Kato S. A systematic review of classification systems for cervical ossification of the posterior longitudinal ligament. *Global Spine J*. 2018; 9: 85-103. doi: 10.1177/2192568217720421.
  12. Min JH, Jang JS, Lee SH. Significance of the double-layer and single-layer signs in the ossification of the posterior longitudinal ligament of the cervical spine. *J Neurosurg Spine*. 2007; 6: 309-312. doi: 10.3171/spi.2007.6.4.4.
  13. Fujiyoshi T, Yamazaki M, Kawabe J, et al. A new concept for making decisions regarding the surgical approach for cervical ossification of the posterior longitudinal ligament. *Spine (Phila Pa 1976)*. 2008; 33: E990-E993. doi: 10.1097/brs.0b013e318188b300.
  14. Kong LD, Meng LC, Wang LF. Evaluation of conservative treatment and timing of surgical intervention for mild forms of cervical spondylotic myelopathy. *Experimental and Therapeutic Medicine*. 2013; 6: 852-856. doi: 10.3892/etm.2013.1224.
  15. Ghogawala Z. Anterior cervical option to manage degenerative cervical myelopathy. *Neurosurg Clin N Am*. 2018; 29: 83-89. doi: 10.1016/j.nec.2017.09.005.
  16. Fehlings MG, Santaguida C, Tetreault L. Laminectomy and fusion versus laminoplasty for the treatment of degenerative cervical myelopathy: results from the AOSpine North America and International prospective multicenter studies. *Spine J*. 2017; 17: 102-108. doi: 10.1016/j.spinee.2016.08.019.
  17. Ghogawala Z, Benzel EC, Heary RF, Riew KD, et al. Cervical spondylotic myelopathy surgical trial: randomized, controlled trial design and rationale. *Neurosurgery*. 2014; 75: 334-346. Available in: <https://clinicaltrials.gov/ct2/show/NCT02076113>

**Conflict of interest:** there are no conflict of interest.



Julio-Septiembre 2023  
Vol. 1, núm. 3 / pp. 140-147

Recibido: 21 de Mayo de 2023  
Aceptado: 05 de Julio de 2023

doi: 10.35366/112797

# Factores predictivos de sangrado mayor en artrodesis posterior instrumentada en pediátricos con diferentes etiologías de escoliosis

## *Predictive factors of major bleeding in instrumented posterior arthrodesis of pediatric patients with scoliosis*

Brenda Berenice Delángel Solís Cámara,\* Hugo Vilchis Sámano,†  
Cristian Yiovanny Pinzón Largo§

**Palabras clave:**  
artrodesis posterior,  
sangrado mayor, escoliosis  
idiopática, transquirúrgico.

**Keywords:**  
posterior arthrodesis,  
major bleeding, idiopathic  
scoliosis, trans-surgical.

\* Médico Ortopedista, egresada del Hospital de Traumatología y Ortopedia Lomas Verdes. ORCID ID: 0000-0001-7530-7195

† Jefe del Servicio de Cirugía de Columna del Hospital de Traumatología y Ortopedia Lomas Verdes. ORCID ID: 0000-0002-8059-3701

§ Fellow de Cirugía de Columna del Hospital de Traumatología y Ortopedia Lomas Verdes. ORCID ID: 0000-0002-7674-6023

Instituto Mexicano del Seguro Social (IMSS), Naucalpan, Estado de México.

**Correspondencia:**  
**Dr. Hugo Vilchis Sámano**  
**E-mail:** columnahtolv@gmail.com

### RESUMEN

**Introducción:** el sangrado mayor transquirúrgico asociado a la artrodesis posterior instrumentada en pacientes pediátricos con escoliosis puede llegar a ser catastrófica para el estado de salud del paciente. **Material y métodos:** estudio descriptivo, observacional, retrospectivo, diseñado en un modelo de casos, identificando pacientes pediátricos con cualquier causa de escoliosis (idiopática, congénita, sindrómica y neuromuscular) que fueron sometidos a tratamiento quirúrgico de artrodesis posterior instrumentada primaria. Fueron casos aquellos que presentaron sangrado mayor (> 20% del volumen circulante total) y controles los que presentaron sangrado < 20% del volumen circulante total. Se aplicó regresión logística para realizar un modelo de predicción de sangrado mayor en variables estadísticamente significativas. **Resultados:** de los 89 pacientes, con edad promedio de 14 años (rango de nueve a 18 años), 62 (69%) presentaron sangrado mayor y 27 (30%) no presentaron sangrado mayor. Las siguientes variables tuvieron más riesgo de sangrado mayor: edad < 14 años 4.3 veces más riesgo ( $p = 0.002$ ), el índice de masa corporal (IMC) < 18.5 tiene 6.17 veces más riesgo ( $p = 0.003$ ), más de 11 niveles fusionados tiene 8.5 veces más riesgo ( $p < 0.000$ ), tiempo quirúrgico > 300 min tiene 3.7 veces más riesgo ( $p = 0.040$ ), un ángulo de Cobb > 75° tiene 3.5 veces más riesgo ( $p = 0.015$ ). Se realizó un modelo donde la presencia aislada de más de 11 niveles funcionados implica un riesgo de 8.5, al añadir la variable de la edad < 14 años aumenta el riesgo hasta 11.4, y al añadir un IMC bajo, éste se eleva hasta presentar un riesgo de 52. **Conclusión:** la edad < 14 años, IMC bajo, ángulo de Cobb > 75°, tiempo quirúrgico prolongado, más de 11 niveles fusionados, son factores de riesgo para la presencia de sangrado mayor.

### ABSTRACT

**Introduction:** major trans-surgical bleeding associated with posterior instrumented arthrodesis in pediatric patients with scoliosis can be catastrophic for the patient's health status. **Material and methods:** descriptive, observational, retrospective study, designed in a case model, identifying pediatric patients diagnosed with scoliosis who underwent surgical treatment of primary instrumented

**Citar como:** Delángel SCBB, Vilchis SH, Pinzón LCY. Factores predictivos de sangrado mayor en artrodesis posterior instrumentada en pediátricos con diferentes etiologías de escoliosis. Cir Columna. 2023; 1 (3): 140-147. <https://dx.doi.org/10.35366/112797>





posterior arthrodesis. The cases were the patients who presented major bleeding (> 20% of the total circulating volume) and the controls were those who presented (< 20% of the total circulating volume). Logistic regression was performed to perform a major bleeding prediction model on statistically significant variables. **Results:** of the 89 patients, with a mean age of 14 years (range 9 to 18 years), 62 (69%) had major bleeding and 27 (30%) had no major bleeding. The following variables had a higher risk of major bleeding: age < 14 years 4.3 times more risk ( $p = 0.002$ ), body mass index (BMI) < 18.5 has 6.17 times more risk ( $p = 0.003$ ), > 11 fused levels has 8.5 times more risk ( $p < 0.000$ ), surgical time > 300 min has 3.7 times more risk ( $p = 0.040$ ), a Cobb angle > 75° has 3.5 times more risk ( $p = 0.015$ ). A model was made where the isolated presence of > 11 functioning levels implies a risk of 8.5, adding the variable of age < 14 years increases the risk up to 11.4, and when adding a low BMI, it rises to present a risk from 52. **Conclusion:** age < 14 years, low BMI, Cobb angle > 75°, prolonged surgical time, > 11 fused levels, are risk factors for the presence of major bleeding.

## INTRODUCCIÓN

La definición actual de escoliosis, según la *Scoliosis Research Society*,<sup>1</sup> es una deformidad de la columna vertebral en tres dimensiones, en donde en el plano coronal excede de 10 grados y el desplazamiento lateral del cuerpo vertebral cruza la línea media y regularmente se acompaña de algún grado de rotación.<sup>2</sup>

El tratamiento quirúrgico de esta condición está indicado para pacientes con curvaturas mayores a 45° que son Risser 2 o menor, o curvaturas mayores a 50° con Risser 3.<sup>3</sup>

Varios estudios han demostrado que el abordaje posterior es un método eficaz para la corrección de escoliosis; sin embargo, la fusión espinal posterior conlleva riesgo de hemorragia que puede repercutir en el paciente.<sup>4</sup> La fusión espinal pediátrica para la escoliosis se asocia con una sustancial pérdida sanguínea debido a la extensa disección de tejidos blandos e instrumentación vertebral, así como factores de riesgo propios de la cirugía.<sup>5</sup>

En un entorno médico, la cirugía es la causa más común de sangrado mayor, definida como una pérdida de 20% del volumen sanguíneo total o más. En particular, procedimientos cardiovasculares, trasplante de hígado y resecciones hepáticas, y procedimientos ortopédicos importantes que incluyen reemplazo de cadera y rodilla y cirugía de columna, están asociados con hemorragias graves.<sup>6</sup> Dentro de la cirugía de columna, la de escoliosis es la de mayor riesgo por la extensión de los abordajes.

La hemorragia masiva puede sobrepasar todos los mecanismos compensadores, llevando a la isquemia tisular, falla de órganos, isquemia miocárdica y muerte, siendo fundamental el inmediato soporte vital para el buen resultado de la intervención y la realización de medidas como la transfusión.<sup>7</sup> Sin embargo, este procedimiento de transfusión pueden estar relaciona-

do con complicaciones médicas, como por ejemplo, infecciones, reacción hemolítica, lesiones pulmonares, entre otras, incluso aumentando el riesgo de muerte.<sup>5</sup>

La artrodesis espinal pediátrica para escoliosis se asocia a pérdida sanguínea, que incluso puede llegar a ser masiva, esto debido a la extensa disección de los músculos paravertebrales e instrumentación que se realiza, así como a factores propios de la cirugía, comprometiendo la estabilidad hemodinámica del paciente.

Este tipo de complicación impacta negativamente en la recuperación del paciente, requiriendo estancias hospitalarias prolongadas, uso de terapia intensiva, uso de hemoderivados, lo que implica altos costos para las instituciones. Si se lograra identificar previamente los factores asociados a esta complicación quirúrgica, se puede construir un modelo predictivo sobre el porcentaje de pérdida hemática esperada, y estratificar el riesgo, para planificar las medidas adecuadas y disminuir las complicaciones asociadas a la hemorragia masiva.

El sangrado mayor transquirúrgico asociado a la artrodesis posterior instrumentada en la escoliosis puede llegar a ser catastrófica para el estado de salud del paciente. No se conoce el riesgo que representan los factores inherentes del paciente, como sexo, edad, tipo de escoliosis, ángulo de Cobb y localización y estructuración de la curvatura para la incidencia de sangrado mayor. Además, no se cuenta con un protocolo y algoritmo para estratificar y cuantificar el riesgo de la ocurrencia de sangrado de acuerdo a la presentación en número y gravedad de los factores previamente mencionados, por lo cual construir un modelo predictivo considerando estas variables nos permitirá determinar el riesgo inherente a cada paciente y así elaborar una planeación quirúrgica apropiada.

Derivado de lo anterior, mediante este estudio se busca conocer cuáles son los factores prequirúrgicos y transquirúrgicos asociados a sangrado mayor durante

la artrodesis posterior instrumentada en pacientes pediátricos con escoliosis.

## MATERIAL Y MÉTODOS

Se realizó un estudio descriptivo, observacional, retrospectivo, transversal, analítico, diseñado en un modelo de casos y controles en el servicio de cirugía de columna, identificando pacientes con diagnóstico de cualquier tipo de escoliosis (idiopática, congénita, sindrómica, neuromuscular) que fueron sometidos a tratamiento quirúrgico consistente en artrodesis posterior instrumentada primaria en el Hospital de Traumatología y Ortopedia "Lomas Verdes" en el periodo de 2016 a 2021. Siendo los casos los pacientes que presentaron sangrado > 20% del volumen circulante total y los controles los que presentaron < 20% del volumen circulante total.

El tipo de muestreo fue a conveniencia, es decir, se incluye a los pacientes que cuenten con los criterios de inclusión correspondientes.

Para recoger la información se utilizó el expediente clínico en físico y electrónico, además de la base de datos de imagenología, y se recabó la información de acuerdo con la base de datos del módulo de escoliosis.

Los datos recogidos fueron: sexo (masculino/femenino), edad a la que se realizó la cirugía, peso, talla, índice de masa corporal, tipo de escoliosis, ángulo de Cobb, localización de la curvatura mayor, tiempos de coagulación prequirúrgicos, tiempo de protrombina (TP), tiempo de tromboplastina parcialmente activado (TTPa), hemoglobina y hematocrito prequirúrgicos y postquirúrgicos, sangrado transquirúrgico en mililitros, tiempo quirúrgico en minutos, presión arterial media durante la cirugía, sangrado en mililitros, sangrado permisible, transfusiones en mililitros, niveles instrumentados, cantidad de tornillos colocados, comorbilidades asociadas. Estos datos transquirúrgicos se recogieron del formato de cirugía reportado por el anestesiólogo.

**Criterios de inclusión:** sexo indistinto, edades entre cinco a 18 años, pacientes con diagnóstico de cualquier tipo de escoliosis, pacientes tratados quirúrgicamente con artrodesis posterior instrumentada, pacientes tratados dentro del periodo 2016-2021, pacientes con expediente clínico que presente datos completos.

**Criterios de exclusión:** pacientes que se les realizó un tratamiento quirúrgico diferente a la artrodesis, pacientes con cirugías de revisión, pacientes que no cuentan con expediente clínico completo.

Para el análisis, en una hoja de Excel, se realizó la captura de los datos de los pacientes con el diag-

nóstico de escoliosis que cumplieron con los criterios de inclusión descritos previamente.

Se calculó el volumen circulante total (VCT) de cada paciente, usando la fórmula de peso  $\times$  70 ml que es el volumen que corresponde de acuerdo al grupo de edad; posteriormente se calculó el porcentaje de sangrado y se comparó con el sangrado permisible, el cual se estableció como < 20% del VCT.

Se hizo un análisis univariado aplicando las medidas de tendencia central (media y mediana) para las variables cuantitativas. Para valorar la diferencia estadística entre ambos grupos se empleó la U de Mann-Whitney, y para la diferencia entre porcentajes se utilizó la  $\chi^2$ .

Se utilizó la herramienta estadística SPSS Statistics versión 24 para valorar la asociación entre las variables independientes clínico demográficas y las correspondientes al procedimiento quirúrgico y la variable dependiente cualitativa sangrado mayor (presencia o ausencia) para valorar el riesgo mediante el cálculo de *Odds ratio*.

Por último, se aplicó una regresión logística para realizar un modelo de predicción de sangrado mayor al combinarse las variables independientes que resultaron estadísticamente significativas.

## RESULTADOS

La población inicial de pacientes en nuestro estudio con diagnóstico de escoliosis registrados en la base de datos fue de un total de 155 pacientes, de los cuales sólo se seleccionaron aquellos casos que fueron sometidos a intervención quirúrgica consistente en artrodesis posterior instrumentada, obteniendo una muestra de 89 (57%).

De los 89 pacientes obtenidos, 69 (77.5%) fueron mujeres y 20 (22.5%) hombres, con edad promedio de 14 años (rango de 7 a 18 años), 55% tuvieron diagnóstico de escoliosis idiopática, 16.9% sindrómica, 14.6% congénita, 6.7% neuromuscular, 2.2% Scheuermann. Sesenta y dos (69%) presentaron sangrado mayor y 27 (30%) no presentaron sangrado mayor. De la muestra total sólo cinco (5.6%) pacientes no fueron transfundidos, los demás requirieron transfusión de concentrado eritrocitario y/o plasma fresco congelado.

En la *Tabla 1* se muestran las características demográficas comparativas de acuerdo a los que presentaron sangrado mayor y los que no presentaron sangrado mayor, con medidas de frecuencias para datos categóricos y promedios para datos continuos.

**Tabla 1:** Características generales de la población de estudio. Comparación entre los que presentaron sangrado mayor y los que no presentaron sangrado mayor. N = 89.

	Con sangrado mayor N = 62	Sin sangrado mayor N = 27	p
Edad, (años)*,‡	14 (12.2-15.8)	14.6 (12.4-16.8)	0.049
< 14	64	29	0.002
≥ 14	35	70	
Sexo†			0.105
Femenino	82	67	
Masculino	18	33	
IMC‡			0.009
Alto	8	18	
Normal	48	70	
Bajo	43	11	
Tipo de escoliosis‡			0.570
Idiopática	58	62	
Congénita	12	18	
Neuromuscular	6	7	
Sindromática	20	7	
Scheuermann	1	4	

IMC = índice de masa corporal.

\* Los datos son presentados como mediana (q25-q75).

‡ Datos expresados en porcentaje.

Para comparar medianas se utilizó la U de Mann-Whitney. La diferencia entre porcentajes se calculó utilizando la prueba de  $\chi^2$ .

Se encontró diferencia estadísticamente significativa entre ambos grupos con respecto a la edad, predominando en el grupo de sangrado mayor pacientes menores de 14 años, así como en el índice de masa corporal (IMC), predominando el bajo IMC en el grupo de sangrado mayor.

En cuanto al sexo y el tipo de escoliosis, no existe una diferencia estadísticamente significativa, se observó una tendencia similar en ambos grupos, excepto en la escoliosis sindrómica, la cual es más frecuente en el grupo de sangrado mayor.

En la *Tabla 2* podemos observar las características clínicas de forma comparativa en ambos grupos, en los cuales se valoró la hemoglobina prequirúrgica y postquirúrgica, tiempos de coagulación, ángulo de Cobb, localización de la curva y comorbilidades, sin encontrar una diferencia significativa entre ambos grupos. Sin embargo, al analizar la variable del ángulo de Cobb mediante caja de velas, podemos observar que los pacientes en el grupo de sangrado mayor tuvieron una mediana y rangos intercuartiles mayores que los pacientes sin sangrado mayor.

Por lo que al estratificar de forma diferente los datos, tomando como punto de corte el ángulo de 75° podemos observar que los pacientes con un ángulo > 75° tienen mayor sangrado en mililitros, que los pacientes con < 75°.

Se reportaron 38 pacientes con comorbilidades, de los cuales 73% presentaron sangrado mayor. Las co-

**Tabla 2:** Características clínicas de la población de estudio. Comparación entre los que presentaron sangrado mayor y los que no presentaron sangrado mayor. N = 89.

	Con sangrado mayor N = 62	Sin sangrado mayor N = 27	p
Hb prequirúrgica (mg/dl)*	14.8 (13.8-15.5)	14.8 (13.7-15.9)	0.583
Hb postquirúrgica (mg/dl)*	10.5 (8.9-11.5)	10.9 (10-11.6)	0.195
TP*	14.3 (12.6-15.9)	14 (12.4-15.9)	0.571
TTPa*	32.6 (30-34)	32.5 (30.6-35)	0.908
Ángulo de Cobb‡			0.263
< 45	4.80	14.80	
46-89	75.80	70.40	
> 90	19.40	14.80	
Localización de la curva‡			0.983
Alta	51.6	51.9	
Baja	48.4	48.1	
Comorbilidades	45.2	33	0.476

Hb = hemoglobina. TP = tiempo de protrombina. TTPa = tiempo de tromboplastina parcialmente activado.

\* Los datos son presentados como mediana (q25-q75). ‡ Datos expresados en porcentaje.

Para comparar medianas se utilizó la U de Mann-Whitney. La diferencia entre porcentajes se calculó utilizando la prueba de  $\chi^2$ .

morbilidades más frecuentes fueron neurofibromatosis (18.4%), neumopatías (13.1%), cardiopatías (13.1%) y síndrome de Ehlers-Danlos (7.9%).

La **Tabla 3** muestra las diferencias transquirúrgicas divididas en los grupos de sangrado mayor y sin sangrado mayor, encontrando diferencia estadística en el tiempo quirúrgico, sangrado transquirúrgico, presión arterial media, niveles fusionados y número de osteotomías.

Se realizó un análisis bivariado entre la variable dependiente (sangrado mayor) y las 16 variables de interés (**Tabla 4**), en la que se muestra el riesgo de pre-

sentar sangrado mayor utilizando el *Odds ratio* (OR), para cada categoría. Sólo cinco de las 16 variables independientes tuvieron  $p < 0.05$ .

La edad  $< 14$  años presenta 4.3 veces más riesgo de sangrado mayor que los pacientes  $> 14$  años ( $p = 0.002$ ), el IMC  $< 18.5$  tiene 6.17 veces más riesgo de sangrado mayor que los pacientes con un IMC normal ( $p = 0.003$ ), más de 11 niveles fusionados tiene 8.5 veces más riesgo de sangrado quirúrgico que los pacientes con menos de 11 niveles fusionados ( $p < 0.000$ ), tiempo quirúrgico  $> 300$  min tiene 3.7 veces más riesgo de sangrado mayor que los pacientes con tiempo quirúrgico

**Tabla 3:** Diferencias en los datos transquirúrgicos entre los pacientes que presentaron sangrado mayor y los que no presentaron sangrado mayor. N = 89.

	Con sangrado mayor N = 62	Sin sangrado mayor N = 27	p
Tiempo quirúrgico (min)*	300 (250-352)	270 (240-300)	0.019
Sangrado transquirúrgico (ml)*	925 (800-1,300)	500 (400-620)	0.000
PAM (mmHg)*	70 (62-78)	79 (71-87)	0.005
Niveles fusionados <sup>‡</sup>			0.000
$> 11$	93.50	63	
$\leq 11$	6.50	37	
Número de tornillos <sup>‡</sup>			0.685
$> 16$	71.0	66.70	
$\leq 16$	29.0	33.30	
Niveles instrumentados <sup>‡</sup>			0.209
$> 10$	69.40	55.60	
$\leq 10$	30.50	44.40	
Número de osteotomías*	2.5 (0-3)	0 (0-3)	0.037

PAM = presión arterial media.  
 \* Los datos son presentados como mediana (q25-q75).  
 ‡ Datos expresados en porcentaje.  
 Para comparar medianas se utilizó la U de Mann-Whitney. La diferencia entre porcentajes se calculó utilizando la prueba de  $\chi^2$ .

**Tabla 4:** Factores de riesgo para presentar sangrado mayor del permisible calculado en artrodesis posterior instrumentada en paciente pediátrico con escoliosis. N = 89.

	Sangrado mayor N = 62	Sin sangrado mayor N = 27	OR (IC 95%)	p
Edad ( $< 14$ años)*	64.0	29.0	4.3 (1.6-11.46)	0.002
IMC ( $< 18.5$ )*	43.0	11.0	6.17 (1.6-22.6)	0.003
Niveles fusionados ( $> 11$ )*	93.5	63.0	8.5 (2.3-27)	0.000
Tiempo QX ( $> 300$ min)*	56.0	25.0	3.7 (1.3-10)	0.040
Ángulo de Cobb ( $> 75^\circ$ )*	50.0	22.0	3.5 (1.2-9.8)	0.015

IMC = índice de masa corporal.  
 \* Datos expresados en porcentaje.

**Tabla 5:** Modelo de riesgo para presentar sangrado mayor del permisible calculado en artrodesis posterior instrumentada en paciente pediátrico con escoliosis. N = 89.

	OR (IC 95%)	OR (IC 95%)			
		Edad < 14 años	Bajo peso	Osteotomía	Peso alto
Niveles fusionados (> 11)	8.5 (2.3-27)	11.4 (1.9-65)	52 (3.7-715)	11.3 (1.1-111)	1.25 (0.91-1.7)
Ángulo de Cobb (> 75°)	3.5 (1.5-7.8)	1.6 (0.5-5)	—	0.842 (0.25-2.7)	0.407 (0.25-0.6)
Tiempo quirúrgico (> 300 min)	3.7 (1.6-8.1)	5 (1.3-18.3)	—	2.2 (0.6-7.4)	1.66 (1-2.7)

OR = Odds ratio.

Para realizar el ajuste de OR se utilizó la prueba de Cochran y Mantel-Haenszel en regresión logística binaria.

menor ( $p = 0.040$ ), un ángulo de Cobb  $> 75^\circ$  tiene 3.5 veces más riesgo de sangrado mayor que los pacientes con un ángulo de Cobb menor ( $p = 0.015$ ).

Al identificar las variables con asociación a sangrado mayor se realizó un modelo de predicción de sangrado mediante una regresión logística, realizando una combinación de las diferentes variables independientes (Tabla 5).

Se observó que la combinación de las diferentes variables puede aumentar o disminuir el riesgo de sangrado mayor.

La presencia aislada de más de 11 niveles fusionados implica un riesgo de 8.5, al añadir la variable de la edad  $< 14$  años aumenta el riesgo hasta 11.4, pero al añadir un IMC bajo, éste se eleva hasta presentar un riesgo de 52; sin embargo, al incluir la variable de un IMC alto este disminuye significativamente hasta 1.25, siendo un factor protector para sangrado mayor.

## DISCUSIÓN

Este estudio se realizó con el fin de determinar qué factores son predictivos para el sangrado mayor en niños sometidos a artrodesis posterior instrumentada.

Hay que considerar que la edad  $< 14$  años, IMC bajo, el ángulo de Cobb, el tiempo quirúrgico y los niveles fusionados son factores de riesgo para presentar sangrado mayor al realizar una artrodesis posterior instrumentada, así como tomar en cuenta que los pacientes pueden presentar más de una de las variables, lo que aumenta significativamente el riesgo de sangrado mayor.

La optimización en el manejo de la pérdida sanguínea involucra técnicas durante el periodo prequirúrgico, transquirúrgico y postquirúrgico.<sup>5</sup>

Al tener conocimiento de las variables asociadas a esta complicación, dentro de la valoración preope-

ratoria se pueden identificar los factores modificables como el IMC, ya que un IMC bajo se asocia con mayor riesgo de sangrado mayor, lo que concuerda con lo reportado en la literatura,<sup>8</sup> debido a que estos pacientes tienen menor sangrado permisible, lo que puede resultar en una inestabilidad hemodinámica de forma temprana durante la cirugía, requiriendo mayor uso de hemoderivados.

Roslyn C y colaboradores,<sup>8</sup> en su estudio, reportan que pacientes obesos con escoliosis idiopática tienen mayor riesgo de complicaciones perioperatorias, un índice de masa corporal elevado se asocia a un aumento en el tiempo quirúrgico, sangrado; sin embargo, en nuestro estudio el IMC elevado fue un factor protector para el sangrado mayor.

En la literatura no se tiene nada reportado respecto a la edad como factor de riesgo para sangrado mayor, pudiendo estar asociado a que, entre menor edad tenga el niño, resulta en menor peso y por lo tanto menor sangrado permisible.

También se notifica como factor de riesgo la escoliosis neurogénica. Matthew E y asociados<sup>5</sup> reportan que la etiología neuromuscular es el predictor independiente más significativo para recibir una transfusión alogénica; sin embargo, en nuestro estudio no hubo una diferencia estadísticamente significativa en cuanto el tipo de escoliosis, presentando la misma tendencia en ambos grupos a excepción de la escoliosis síndrómica.

Thompson y colegas<sup>9</sup> demostraron que los niveles fusionados predicen significativamente un sangrado esperado  $> 1,700$  ml en la fusión de  $12.5 \pm 1.29$  niveles comparado con los pacientes con  $< 1,700$  ml de sangrado esperado con una fusión de  $10.14 \pm 2.12$  niveles.

Dentro del análisis bivariado se identificó que el principal factor de riesgo asociado a sangrado mayor, con un poder estadístico significativo, fueron los



niveles fusionados, siendo que no hubo un resultado significativo en los niveles instrumentados y la cantidad de tornillos colocados, lo cual se traduce en que la amplia disección de tejidos para realizar el abordaje es el momento crucial para que se presente esta complicación, lo cual concuerda con lo reportado en la literatura, por lo que es importante poner atención a este momento quirúrgico y usar medidas como cauterizar adecuadamente los tejidos, así como agregar ácido tranexámico para lograr una coagulación eficiente.

Existen varias opciones para mejorar la hemostasia. Varios productos pueden controlar el sangrado como el spray de colágeno-trombina, sellantes de fibrina, esponjas con caolín y vasoconstrictores locales.<sup>5</sup> Los agentes hemostáticos tópicos son deseables debido a que son localmente activos, actúan rápidamente y mejoran la visibilidad del cirujano.<sup>5</sup> También se recomienda el electrocauterio bipolar, bisturí óseo ultrasónico para uso durante la facetectomía y osteotomía de la columna posterior, y esponjas hemostáticas (*quickclot*).<sup>10</sup>

La hemostasia puede también mejorar con la administración de drogas hemostáticas. El uso de ácido tranexámico, aprotinina o factor recombinante activado VII (rFVIIa) disminuyen de forma significativa el sangrado en cirugía de columna, así como la necesidad de transfusiones de hemoderivados. Sin embargo, estos productos también aumentan el riesgo de tromboembolismo, de forma especial en pacientes con un historial o en riesgo de aterosclerosis o trombosis.<sup>11</sup>

Dentro de nuestra unidad hospitalaria, se ha identificado que la escoliosis es una condición subdiagnosticada, por lo que, al momento de la referencia a unidades de tercer nivel, estos pacientes presentan curvaturas con ángulos  $> 75^\circ$ . Se ha observado que la pérdida de sangre tiende a ser mayor cuando el ángulo de Cobb era más grande. Esto puede explicarse por la relación entre ángulo de Cobb y complejidad quirúrgica.<sup>4</sup>

En cuanto a las comorbilidades, en general no hubo una significancia estadística, se sabe que existen diferentes síndromes asociados a escoliosis que pueden presentar alteraciones en la coagulación, como el síndrome de Ehlers Danlos, que se asocia a deficiencia del factor VII, por lo que en esta población de pacientes es importante realizar pruebas de coagulación específicas para determinar alteraciones en los factores de coagulación.

La evaluación preoperatoria debe incluir tiempo de protrombina (TP), tiempo de tromboplastina parcial activado (TTPa) e INR. Sin embargo, este tamizaje

permite identificar sólo un pequeño número de pacientes con presencia de coagulopatías.<sup>5</sup> Los pacientes con coagulopatías deben ser referidos al servicio de hematología para tratamiento de la discrasia sanguínea; un ejemplo es la enfermedad de Von Willebrand.<sup>5</sup> En nuestro estudio no hubo diferencias significativas entre ambos grupos con respecto a las pruebas de coagulación y hemoglobina pre y postquirúrgica.

El 94.3% de los pacientes recibió algún tipo de hemoderivados, siendo concentrado eritrocitario y/o plasma fresco congelado, lo que demuestra que no se tiene un adecuado protocolo de transfusiones en niños que se someten a cirugía de columna. La literatura reporta que no se tiene un punto de corte de hemoglobina en niños para la indicación de transfusión,<sup>12</sup> siendo la clínica el principal indicador, pero respetando que el uso de transfusiones debe ser restringido por las complicaciones que conlleva, como anafilaxia, infecciones, entre otras.<sup>12</sup>

En nuestro modelo predictivo de sangrado mayor, se puede observar cómo aumenta el riesgo exponencialmente al presentar más de dos variables presentes en un paciente. Lo que se pretende con este modelo es estratificar el nivel de riesgo para poder realizar maniobras preventivas.

Para evitar sangrados transquirúrgicos, en la literatura recomiendan técnicas de “ahorro de sangre” que incluyen intervenciones perioperatorias, como el uso preoperatorio de eritropoyetina y posicionamiento para evitar un aumento de la presión intraabdominal, así como medidas intraoperatorias como anestesia hipotensiva controlada, hemodilución normovolémica aguda, sistemas de recuperación de células intraoperatorias, uso intraoperatorio de antifibrinolíticos como ácido tranexámico y ácido épsilon aminocaproico, y aplicación de sellador de fibrina al hueso decorticado. Todos minimizan la pérdida de sangre y, por tanto, la necesidad de transfusión.<sup>12</sup>

La hemodilución normovolémica remueve la sangre del sistema venoso antes de la incisión, disminuyendo el hematocrito generalmente a 30%, lo cual beneficia el gasto cardíaco y disminuye la viscosidad de la sangre.<sup>5</sup>

## CONCLUSIÓN

Una comprensión del sangrado mayor y la correlación respecto a lo que sucede según lo reportado en la literatura mundial es importante, para así predecir el riesgo de sangrado mayor que tienen los pacientes. La edad  $< 14$  años, IMC bajo, ángulo de Cobb  $> 75^\circ$ , tiempo quirúrgico prolongado, más de 11 niveles



fusionados, son factores de riesgo para la presencia de sangrado mayor. Es importante establecer un protocolo de valoración preoperatoria identificando factores de riesgo modificables, implementando manejos multidisciplinarios. Los pacientes pueden presentar más de una variable, lo que resulta en un aumento exponencial de riesgo de sangrado mayor, por lo que es importante usar un modelo predictivo que considere todas las variables de importancia para implementar medidas oportunamente.

En nuestra institución realizamos un protocolo prequirúrgico a todos los pacientes, para que los que serán intervenidos quirúrgicamente lleguen en las mejores condiciones a la cirugía; éste incluye valoración preoperatoria por el servicio de pediatría, genética, cardiología pediátrica, neumología pediátrica para optimizar y realizar las recomendaciones que haya lugar. Además, se realizan laboratorios como cuadro hemático, química sanguínea, electrolitos séricos, tiempos de coagulación, perfil nutricional que incluya albúmina, proteínas totales.

Como se evidencia en este estudio, la edad, el IMC bajo, las curvas mayores a 75° e instrumentaciones largas son predictores de sangrado mayor, por lo que en pacientes que presentan estas condiciones se debe tener aún más precaución y considerar incluso la realización de la cirugía en dos tiempos, además de uso de ácido tranexámico; y en el caso del IMC, manejo multidisciplinario para que estos pacientes puedan llegar en la mejor condición nutricional previo a la cirugía. Por último, se considera que una comunicación permanente con el equipo de anestesiología es importante para tomar decisiones oportunas en beneficio de los pacientes.

### AGRADECIMIENTOS

Gracias al Dr. Hugo Vilchis Sámano por su vocación a la enseñanza y al crecimiento de la cirugía de columna en México.

### REFERENCIAS

1. Korbek K, Kozinoga M, Stoliński L, Kotwicki T. Scoliosis research society (SRS) criteria and society of scoliosis

- orthopaedic and rehabilitation treatment (SOSORT) 2008 Guidelines in Non-Operative Treatment of Idiopathic Scoliosis. *Pol Orthop Traumatol.* 2014; 79: 118-122.
2. Tejada BM. Escoliosis: concepto, etiología y clasificación. *Ortho-tips.* 2011; 7: 75-82.
3. El-Hawary R, Chukwunyerenna C. Update on evaluation and treatment of scoliosis. *Pediatr Clin North Am.* 2014; 61: 1223-1241.
4. Kim HJ, Park HS, Jang MJ, Koh WU, Song JG, Lee CS, Yang HS, Ro YJ. Predicting massive transfusion in adolescent idiopathic scoliosis patients undergoing corrective surgery: association of preoperative radiographic findings. *Medicine (Baltimore).* 2018; 97: e10972.
5. Oetgen ME, Litrenta J. Perioperative blood management in pediatric spine surgery. *J Am Acad Orthop Surg.* 2017; 25: 480-488.
6. Mannucci PM, Levi M. Prevention and treatment of major blood loss. *N Engl J Med.* 2007; 356: 2301-2311.
7. Parra V. Shock hemorrágico. *Rev Med Clin Condes.* 2011; 22: 255-264.
8. Tarrant RC, Lynch S, Sheeran P, O'Loughlin PF, Harrington M, Moore DP, et al. Low body mass index in adolescent idiopathic scoliosis: relationship with pre- and postsurgical factors. *Spine (Phila Pa 1976).* 2014; 39: 140-148.
9. Thompson ME, Kohring JM, McFann K, McNair B, Hansen JK, Miller NH. Predicting excessive hemorrhage in adolescent idiopathic scoliosis patients undergoing posterior spinal instrumentation and fusion. *Spine J.* 2014; 14: 1392-1398.
10. Fletcher ND, Marks MC, Asghar JK, Hwang SW, Sponseller PD, et al. Development of consensus based best practice guidelines for perioperative management of blood loss in patients undergoing posterior spinal fusion for adolescent idiopathic scoliosis. *Spine Deform.* 2018; 6: 424-429.
11. Gómez RM. Pérdida sanguínea en cirugía de columna. *Revista Mexicana de Anestesiología.* 2017; 40: S33-S36.
12. Hassan N, Halanski M, Wincek J, Reischman D, Sanfilippo D, Rajasekaran S, et al. Blood management in pediatric spinal deformity surgery: review of a 2-year experience. *Transfusion.* 2011; 51: 2133-2141.

**Conflicto de intereses:** los autores declaramos no tener conflicto de intereses.



Julio-Septiembre 2023  
Vol. 1, núm. 3 / pp. 148-157

Recibido: 21 de Junio de 2023  
Aceptado: 02 de Julio de 2023

doi: 10.35366/112798

# Disfunción diafragmática en el enfermo grave con mielopatía espondilótica cervical

## *Diaphragmatic dysfunction in critically ill patients with cervical spondylotic myelopathy*

Guillermo David Hernández-López,\* Diana Escobar-Ortiz,†  
Nancy Verónica Alva-Arroyo,‡ Eulalio Elizalde-Martínez,§ Alfredo J Moheno-Gallardo¶

**Palabras clave:**  
disfunción, diafragma,  
mielopatía cervical.

**Keywords:**  
*dysfunction, diaphragm,  
cervical myelopathy.*

### RESUMEN

**Introducción:** el diafragma es responsable de realizar de 60 a 80% del esfuerzo inspiratorio. Muestra inervación bilateral desde el plexo cervical a través de dos nervios frénicos que se forman desde las raíces C3 a C5 (probablemente C4 en mayor medida). La afectación de los músculos diafragmáticos o del nervio frénico puede causar disfunción diafragmática. Nuestro objetivo fue determinar la incidencia de disfunción diafragmática en pacientes con por mielopatía espondilótica cervical (MEC) y analizar la relación entre ésta y el grado de afección de la enfermedad. **Material y métodos:** estudio prospectivo de 35 pacientes con mielopatía espondilótica cervical en las primeras 48 horas del postoperatorio inmediato. Se registraron los factores demográficos y clínicos. Se realizó ecografía diafragmática para el diagnóstico de disfunción diafragmática mediante la fracción de engrosamiento, durante la respiración normal y tras inspiración forzada. Se consideró disfunción diafragmática aquella fracción de engrosamiento inferior a 20%. Se registró la aparición de síntomas respiratorios, evolución clínica y mortalidad. Se diseñó un análisis estadístico bivariado y multivariado para relacionar la incidencia de afectación respiratoria con el diagnóstico de disfunción diafragmática y con los principales determinantes clínicos. **Resultados:** al comparar el nivel de lesión con la fracción de engrosamiento < 20%, de los 35 pacientes sólo tres se encontraron con engrosamiento < 20%. El nivel de afección fue: C3-C7: 1 (2.8%), C3-T1: 1 (2.8%), C5-C6: 1 (2.8%), con una  $p = 0.155$  sin significancia estadística. Para la descripción de las variables, se utilizó frecuencia absoluta y relativa expresada en porcentaje para las variables cualitativas. Para las variables cuantitativas, se calculó la media con su desviación estándar o la mediana y el rango intercuartílico (diferencia entre el cuartil tres y el uno) según su distribución. Así, 91.4% (32 casos) de estos pacientes no desarrollaron síntomas de compromiso respiratorio severo durante el periodo de estudio. **Conclusiones:** la disfunción del diafragma probablemente esté infradiagnosticada, pero no debe pasarse por alto, ya que puede asociarse a importantes consecuencias clínicas. Identificar su origen y tratar sus síntomas requiere un examen exhaustivo. Considerando sus potenciales implicaciones clínicas, se requieren estudios que evalúen la incidencia de complicaciones respiratorias en estos pacientes, así como el impacto de la rehabilitación respiratoria en el pronóstico clínico. El ultrasonido es un medio simple y eficaz para evaluar de forma rutinaria la función del diafragma.

### ABSTRACT

**Introduction:** the diaphragm is responsible for performing from 60 to 80% of the inspiratory effort. It shows bilateral innervation from the cervical plexus through two phrenic nerves that are formed from C3 to C5 roots (C4 probably to a greater extent). Involvement of diaphragmatic muscles or the phrenic

\* Unidad de Cuidados Intensivos, Hospital de Ortopedia (HO).  
ORCID: 0000-0003-4874-575X  
† Unidad de Cuidados Intensivos, HO.  
‡ Unidad de Cuidados Intensivos, Hospital de Traumatología.  
§ Departamento de Columna, HO.

Unidad Médica de Alta Especialidad Traumatología, Ortopedia y Rehabilitación "Dr. Víctorio de la Fuente Narváez", Instituto Mexicano del Seguro Social.

**Correspondencia:**  
Guillermo David Hernández-López  
E-mail: guillermodavidhernandez@gmail.com

**Citar como:** Hernández-López GD, Escobar-Ortiz D, Alva-Arroyo NV, Elizalde-Martínez E, Moheno-Gallardo AJ. Disfunción diafragmática en el enfermo grave con mielopatía espondilótica cervical. *Cir Columna*. 2023; 1 (3): 148-157. <https://dx.doi.org/10.35366/112798>



nerve can cause diaphragmatic dysfunction. Our objective is to establish the incidence of diaphragmatic dysfunction in patients with cervical spondylotic myelopathy (CSM) and to analyse the relationship between this and the degree of involvement of the disease. **Material and methods:** a prospective study of 35 patients with cervical spondylotic myelopathy in the first 48 hours of the immediate postoperative period. Demographic and clinical factors were recorded. A diaphragmatic ultrasound was performed for the diagnosis of diaphragmatic dysfunction by means of the thickening fraction, during normal breathing and after forced inspiration. Diaphragmatic dysfunction was considered as a thickening fraction lower than 20%. The appearance of respiratory symptoms, clinical outcomes and mortality were recorded. A bivariate and multivariate statistical analysis was designed to relate the incidence of respiratory involvement with the diagnosis of diaphragmatic dysfunction and with the main clinical determinants. **Results:** when comparing the lesion level with the fraction of thickening < 20%, only 3 of the 35 patients had thickening < 20%. The level of affection was: C3-C7 1 (2.8%), C3-T1 1 (2.8%), C5-C6 1 (2.8%), with a  $p = 0.155$  without statistical significance. For the description of the variables, absolute and relative frequency expressed as a percentage was used for the qualitative variables. For quantitative variables, the mean was calculated with its standard deviation (SD) or median and the interquartile range (difference between the third and first quartile) according to its distribution. 91.4% (32 cases) of these patients did not develop symptoms of severe respiratory compromise during the study period. **Conclusions:** diaphragm dysfunction is probably underdiagnosed but should not be overlooked as it can be associated with important clinical consequences. Identifying its origin and treating its symptoms requires a thorough examination. Considering its potential clinical implications, studies are required to evaluate the incidence of respiratory complications in these patients, as well as the impact of respiratory rehabilitation in the clinical prognosis. Ultrasound is a simple and effective means of routinely evaluating diaphragm function.

#### Abreviaturas:

ATP	=	adenosín trifosfato.
DE	=	desviación estándar.
ERO	=	especies reactivas de oxígeno.
FAC	=	fracción de acortamiento.
MAPSE	=	excursión sistólica del plano del anillo mitral.
ME	=	médula espinal.
MEC	=	mielopatía espondilótica cervical.
TAPSE	=	excursión sistólica del plano del anillo tricuspídeo.
UCI	=	Unidad de Cuidados Intensivos.
US	=	ultrasonografía.
VM	=	ventilación mecánica.
ZOA	=	zona de aposición.

## INTRODUCCIÓN

El rápido envejecimiento poblacional ha ocasionado que fisiatras, reumatólogos, traumatólogos y neurocirujanos enfrenten a diario uno de los mayores problemas clínicos del mundo moderno, las enfermedades degenerativas de la columna vertebral. Debido a su elevado costo diagnóstico y tratamiento, así como a la repercusión laboral que acarrearán en la población económicamente activa, merecen un abordaje que tenga en cuenta su prevención.<sup>1</sup> Rowland define la mielopatía espondilótica cervical (MEC) como una enfermedad crónica en la que la médula espinal resulta dañada, directamente como consecuencia de su compresión por los elementos osteodiscales del raquis cervical, e indirectamente como consecuencia de la disminución del flujo arterial, del estasis venoso o de

otros efectos. La mielopatía cervical espondilótica es una de las causas principales de disfunción de la médula espinal en la población adulta, y la más frecuente en adultos mayores de 55 años. Además, puede cursar asintomática en 25% de los adultos mayores de 65 años. Los pacientes afectados son tratados quirúrgicamente por cuadros cervicales degenerativos. Las manifestaciones clínicas sutiles de la mielopatía cervical espondilótica precoz dificultan el diagnóstico y no hay verdaderos estudios de evolución natural. El examen físico muestra hiperreflexia tendinosa profunda, clonus, hiporreflexia superficial y presencia de reflejos patológicos. La espasticidad, la debilidad motora y la pérdida de la propiocepción contribuyen a la discapacidad funcional de los miembros superiores e inferiores.<sup>2</sup>

La mielopatía cervical espondilótica es una patología frecuente, que afecta fundamentalmente a varones por encima de los 50 años y representa la causa más frecuente de disfunción del cordón espinal por encima de los 55 años. Es una condición degenerativa de la médula espinal que ocasiona deterioro neurológico secundario al estrechamiento del canal espinal debido a la degeneración de estructuras de la columna cervical y constituye la principal causa de disfunción medular en la población adulta. La MEC es causa frecuente de deterioro de la médula espinal en la población de edad avanzada. Normalmente es un

diagnóstico diferencial de otras causas de mielopatía, como la esclerosis lateral amiotrófica, deficiencia de vitamina B12, paraparesia espástica tropical, esclerosis múltiple, entre otras. La causa de este trastorno es debido a la compresión crónica de la médula espinal por un canal cervical estenótico. Esto ocurre por cambios degenerativos en la columna cervical en un proceso normal asociado con el envejecimiento. La compresión y los cambios isquémicos locales del parénquima medular debido a alteraciones en la vasculatura arterial y venosa provocarían la mielopatía. Entre los cambios isquémicos locales se observa inducción de apoptosis de los oligodendrocitos con desmielinización, afectándose principalmente los tractos corticoespinales y el cordón medular posterior, además de alteración de la barrera hematoespinal.<sup>3</sup> La presentación clínica es insidiosa, con un curso clínico escalonado y crónico en la mayoría de los pacientes; sin embargo, se ha descrito una progresión rápida en 5% de los pacientes. Entre las manifestaciones clínicas más frecuentes están la pérdida del control motor fino de los miembros superiores, inestabilidad de la marcha, debilidad y el dolor de cuello con rango de movimiento reducido, pérdida de control del esfínter urinario; también son frecuentes la espasticidad de los miembros inferiores, alteración de la propiocepción. Es característica la atrofia de músculos interóseos y tenares con la abolición de los reflejos tendinosos, cuando la compresión ocurre por debajo del nivel C5. Por el contrario, si la compresión ocurre por encima de C5, pueden aparecer hiperreflexia y espasticidad de los miembros superiores, signo de Hoffman; además puede estar presente el signo de Lhermitte (sensa-

ción subjetiva de pérdida de fuerza en ambas manos, parestesias y sensación ascendente de “descarga eléctrica” en extremidades inferiores y superiores desencadenada con la flexión cervical).<sup>4</sup>

La historia natural de esta enfermedad parece alternar episodios de deterioro neurológico progresivo, más o menos rápido, con largos periodos de estabilización, motivo por el que desde hace más de medio siglo se indica la descompresión quirúrgica, en un intento de mejorar su evolución, con resultados dispares. Las controversias acerca del abordaje quirúrgico de la mielopatía cervical espondilótica aún no se han resuelto y algunos autores prefieren los abordajes anteriores, mientras que otros se decantan por los posteriores. De hecho, la evidencia científica de la superioridad del tratamiento quirúrgico sobre el conservador, si existente, es débil y los estudios que han comparado los resultados clínicos de los diferentes procedimientos por vía anterior y por vía posterior no resultan totalmente definitivos.<sup>5</sup>

Los músculos respiratorios, que comprenden el diafragma, los músculos intercostales, los músculos abdominales y los músculos accesorios (incluidos los músculos esternocleidomastoideo y escaleno), proporcionan la fuerza impulsora para la ventilación. El diafragma es el músculo principal de la respiración. Anatómicamente, es una estructura en forma de cúpula y se divide en dos partes: el tendón central y la porción muscular periférica. Funcionalmente, la porción muscular se divide en dos partes: la porción crural, que es medial y surge de las vértebras lumbares (L2-L4) y los ligamentos asociados; y la porción costal mayor, que es lateral y está en aposición a la cara interna de las seis costillas inferiores, constituyendo la región de aposición a la caja torácica, conocida como zona de aposición (ZOA). Durante la respiración tranquila, la contracción diafragmática tiene varios efectos: la cúpula central desciende debido a la contracción de las fibras musculares de la zona de aposición, lo que provoca una disminución de la presión pleural; el descenso de la cúpula central aumenta la presión abdominal, lo que provoca el movimiento hacia afuera de la pared abdominal anterior; y las fibras musculares de la parte costal del diafragma levantan la caja torácica inferior (fuerza de inserción) provocando movimientos hacia adelante (mango de bomba) y hacia afuera (mango de cubo). Como resultado, durante la contracción el diafragma se mueve caudalmente, aumentando la dimensión craneocaudal de la cavidad torácica, generando así una presión intratorácica negativa para inflar los pulmones (Figura 1).<sup>6</sup>

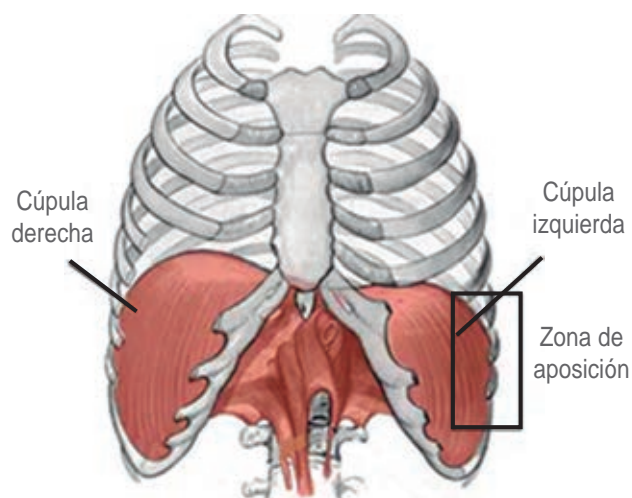
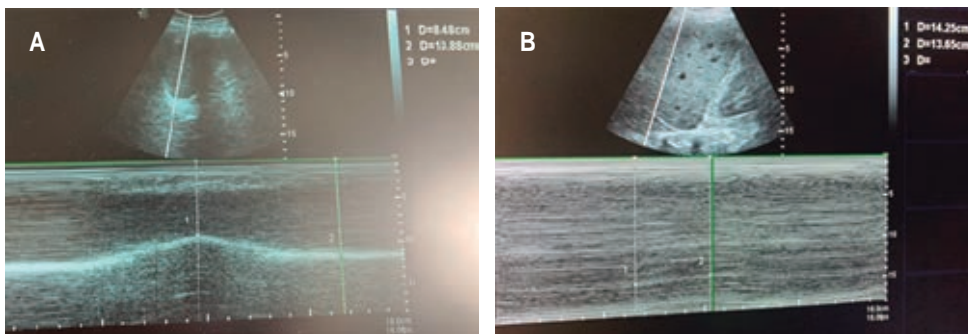


Figura 1: Diafragma.





**Figura 2:**

Excursión diafragmática.

**A)** Excursión 2.4.

**B)** Excursión 0.6 cm.

El diafragma es el principal músculo respiratorio y está inervado por los nervios frénicos que surgen de las raíces nerviosas C3-C5, su contracción es vital para la ventilación. Las enfermedades que interfieren con la inervación diafragmática, las propiedades de los músculos contráctiles o el acoplamiento mecánico a la pared torácica pueden causar disfunción diafragmática. El término disfunción diafragmática incluye eventración, debilidad y parálisis diafragmática. La eventración es una elevación permanente de todo o parte del hemidiafragma causada por adelgazamiento. La debilidad diafragmática sería la pérdida parcial de la fuerza muscular para generar la presión necesaria para una ventilación adecuada, mientras que la parálisis significa la ausencia total de esta capacidad. Este trastorno, dependiendo de la causa, puede ser unilateral o bilateral, temporal o permanente.<sup>7,8</sup> Su incidencia real es desconocida, aunque se reconoce poco frecuente, algo más frecuente en el sexo masculino, generalmente unilateral, de predominio derecho si es congénita o idiopática y leve predominio izquierdo si es adquirida. La causa más común de disfunción diafragmática en adultos es el trauma de columna cervical (traumático o quirúrgico) y enfermedades neuromusculares como miastenia *gravis*, enfermedad del asta anterior, distrofias musculares y miopatías. Si la lesión está a nivel de C3-C5, además de la afectación diafragmática, pueden verse afectados otros músculos importantes de la inspiración. Cuando la lesión afecta al nivel C2 o superior, la necesidad de soporte ventilatorio es casi inevitable y, a medida que nos alejamos de este nivel, la probabilidad disminuye y rara vez es necesario en lesiones por debajo de C5. Radiológicamente se caracteriza por una elevación anormal del diafragma comprometido y pérdida de su movilidad, demostrada por ultrasonografía (US).<sup>9-11</sup>

Desde los años 90, la ultrasonografía ha servido como método diagnóstico a la cabecera del paciente, especialmente en las áreas de urgencias, quirófano

y cuidados intensivos. La ecografía muscular es una técnica que ahora se utiliza para obtener imágenes del diafragma en condiciones normales y patológicas, es portátil, no presenta riesgo de radiación ionizante y permite la visualización de estructuras debajo y encima del diafragma. Tiene la ventaja de evaluar los componentes estructurales y funcionales del diafragma a la cabecera del paciente y haber demostrado que es similar en exactitud a la mayoría de las otras modalidades de imágenes para la evaluación del diafragma.<sup>12</sup>

El diafragma es el principal músculo respiratorio. Su disfunción puede estar asociada a la presencia de síntomas respiratorios, intolerancia al ejercicio, alteraciones del sueño y, en los casos más graves, tener un impacto negativo en la supervivencia.<sup>13</sup> El diagnóstico y manejo de la disfunción diafragmática puede ser problemático debido a su relativa rareza, sus manifestaciones clínicas a veces sutiles y debido a las dificultades para obtener un diagnóstico confirmado fisiológicamente. Como tal, la disfunción del diafragma probablemente esté infradiagnosticada, pero no debe pasarse por alto, ya que puede afectar negativamente la calidad de vida, puede ser un marcador de la gravedad de la enfermedad y, en algunos casos, como en la unidad de cuidados intensivos, un marcador pronóstico.<sup>14</sup>

El ultrasonido se ha posicionado como una excelente herramienta para la evaluación anatómica y funcional del diafragma en los enfermos en los que se va a iniciar un protocolo de retiro de la ventilación mecánica (VM). La evaluación del diafragma por ultrasonido se ha convertido en una herramienta necesaria para la valoración del paciente crítico en condiciones que alteran su movilidad como son la lesión de nervio frénico, en enfermedades neuromusculares y en pacientes con soporte mecánico ventilatorio. La determinación de la excursión diafragmática basada en ultrasonido puede ayudar a identificar pacientes con disfunción diafragmática

durante el retiro de la ventilación mecánica, así como la visualización directa del grosor del diafragma.<sup>13</sup> El ultrasonido diafragmático se realiza con un transductor de 3.5 a 5 MHz. Éste debe ser colocado debajo del margen costal derecho o izquierdo en la línea media clavicular, o en la línea axilar anterior derecha o izquierda y se dirige medial, cefálico y dorsal, para que la marca del transductor alcance de manera perpendicular el tercio posterior del hemidiafragma. Con el modo bidimensional (2d) se obtiene la mejor imagen de la línea de exploración, posteriormente utilizamos el modo M para visualizar el movimiento de las estructuras anatómicas dentro de la línea seleccionada. En el modo M, la excursión diafragmática (desplazamiento en cm), la velocidad de la contracción diafragmática, el tiempo inspiratorio y la duración del ciclo pueden ser medidos.<sup>15</sup>

En un entorno de cuidados intensivos, donde los pacientes suelen estar demasiado enfermos para llevar a cabo otras pruebas, la ultrasonografía tiene un valor incalculable como herramienta de cabecera para

evaluar el movimiento diafragmático, tanto de forma estática como dinámica. El grosor diafragmático es una medida estática que se obtiene midiendo la distancia entre las dos capas hiperecoicas en la zona de aposición. Por otro lado, el engrosamiento diafragmático es una variable dinámica que representa la relación entre la diferencia de grosor diafragmático entre dos volúmenes pulmonares dividida por el grosor del volumen más grande. Otro proceso dinámico es una excursión diafragmática, que se puede determinar a través de varios métodos: medición del movimiento hacia abajo de la rama izquierda de la vena porta en posición supina mientras el paciente está sentado; medición del movimiento craneocaudal del diafragma en posición supina; movimiento de la silueta pulmonar (signo de la cortina) en ambos hemidiafragmas con el paciente sentado; y medición de la longitud del diafragma en la zona de aposición con volumen residual y a capacidad pulmonar total, mientras el paciente está sentado.<sup>16,17</sup>

El valor promedio de la excursión diafragmática corresponde a  $1.8 \pm 0.3$  cm para hombres y el valor para mujeres de  $1.6 \pm 0.3$  cm en una respiración normal. Estudios han reportado que un desplazamiento  $< 1.5$  cm predice fracaso en la extubación. El grosor diafragmático varía según la fase del ciclo respiratorio; haciéndose menor en espiración y mayor en inspiración (*Figura 2*). En la fase inspiratoria se refleja el acortamiento del diafragma, y se considera como análoga a la fracción de eyección del corazón. En personas sanas, los valores normales del espesor diafragmático oscilan entre 1.8-3 mm o  $1.7 \pm 0.2$  mm mientras se relaja, pero puede aumentar a  $4.5 \pm 0.9$  mm cuando se mantiene la respiración a la capacidad pulmonar total. En pacientes ventilados es de  $2.4 \pm 0.8$  mm, un valor menor a 2 mm puede indicar disfunción o atrofia diafragmática.<sup>18</sup>

La importancia del tema que se presenta es la evaluación del diafragma en pacientes con mielopatía espondilótica cervical, lo cual resulta de gran utilidad en la práctica médica, con especial interés en aquellas personas que son sometidas a manejo quirúrgico con la finalidad de prevenir complicaciones perioperatorias.

El objetivo de este trabajo es determinar la función diafragmática en pacientes con mielopatía espondilótica cervical sometidos a manejo quirúrgico.

## MATERIAL Y MÉTODOS

En este estudio prospectivo, se reclutó a un total de 35 pacientes que presentaban MEC y se realizaron

**Tabla 1:** Características demográficas de la población. N = 35.

Edad, media [RIC]	69 [58-74]
Sexo*	
Masculino	26 (74.2)
Femenino	9 (25.7)
IMC <sup>‡</sup>	27.9 $\pm$ 4
Tiempo de evolución, mediana [RIC]	3 [2-5]
Escala Nurick*	
2	10 (24.4)
3	10 (24.4)
4	13 (31.7)
5	2 (4.9)
Tabaquismo*	
Sí	15 (36.6)
No	20 (48.8)
Etilismo*	
Sí	6 (14.6)
No	29 (70.7)
DM*	10 (24.4)
HAS*	19 (46.3)
Comorbilidades*	17 (41.5)
TAPSE, mediana [RIC]	19 [18-22]
MAPSE <sup>‡</sup>	20 $\pm$ 2.8

RIC = rango intercuartil. IMC = índice de masa corporal.

DM = diabetes. HAS = hipertensión arterial sistémica.

TAPSE = excursión sistólica del plano del anillo tricúspideo.

MAPSE = excursión sistólica del plano del anillo mitral.

\* Datos expresados por frecuencia y porcentaje n (%).

<sup>‡</sup> Los datos indican la media  $\pm$  desviación estándar.



**Tabla 2:** Análisis bivariado entre mediciones de diafragma derecho vs diafragma izquierdo. N = 70.

	Derecho N = 35	Izquierdo N = 35	IC 95%	Diferencia de medias	p
Diafragma inspiración*	13.8 ± 1.8	12.5 ± 2.77	0.435-0.990	1.2	<b>0.004</b>
Espiración*	11.8 ± 1.9	10.7 ± 2.7	0.096-0.226	0.065	0.419
Excursión*	2 ± 0.88	1.86 ± 0.97	0.171-0.617	0.223	0.259
Grosor diafragmático*	0.44 ± 0.17	0.47 ± 0.14	0.013-0.075	0.031	0.160
Inspiración forzada*	0.55 ± 0.18)	0.58 ± 0.16	-0.78-0.041	0.019	0.531
Espiración forzada <sup>‡</sup>	0.36 [0.23-0.46]	0.38 [(0.24-0.49)]	-0.096-0.226	0.065	0.419
Fracción de acortamiento <sup>‡</sup>	62 [29.7-87]	56.4 [34-71.4]	7.2-12.8	2.80	0.573

IC 95% = intervalo de confianza 95%.

\* Los datos indican la media ± desviación estándar.

<sup>‡</sup> Datos expresados por mediana y rango intercuartil.

evaluaciones durante las primeras 48 horas después de la cirugía. Para recopilar datos demográficos y clínicos de los pacientes, se llevaron a cabo entrevistas detalladas y se revisaron los registros médicos. Además, se empleó una técnica de imagen denominada ecografía diafragmática para evaluar la función del diafragma y diagnosticar la disfunción diafragmática.

Durante la ecografía diafragmática, se midió la excursión diafragmática y la fracción de engrosamiento del diafragma mientras los pacientes respiraban de forma normal y después de una inspiración forzada. Se consideró que existía disfunción diafragmática si la fracción de engrosamiento era inferior a 20%. Los síntomas respiratorios que experimentaron los pacientes, así como su evolución clínica y posibles casos de mortalidad, se registraron de manera precisa y sistemática.

En este estudio, se empleó la ampliamente reconocida y validada clasificación de Nurick para agrupar a nuestra serie de pacientes. La clasificación de Nurick, que se basa en la evaluación de la capacidad de marcha del paciente como un indicador de su grado de discapacidad, permitió una caracterización precisa y objetiva de los resultados quirúrgicos obtenidos. La clasificación de Nurick consta de seis grados que abarcan desde la ausencia de discapacidad (grado 0) hasta la paraplejía total (grado 5). Cada grado se asignó en función de la capacidad del paciente para caminar y realizar actividades diarias sin asistencia.

Al aplicar la clasificación de Nurick, pudimos categorizar a nuestros pacientes en grupos específicos según su nivel de discapacidad inicial, lo que facilitó un análisis detallado de los resultados quirúrgicos en cada categoría. Esta clasificación proporcionó una medida

objetiva y estandarizada para evaluar la efectividad de las intervenciones quirúrgicas en relación con el grado de discapacidad previo de cada paciente. La utilización de la clasificación de Nurick en nuestra investigación aseguró la uniformidad y comparabilidad de los datos, así como la interpretación objetiva de los resultados, permitiendo obtener conclusiones científicamente rigurosas y aplicables en el ámbito clínico.

A cada uno de los pacientes se les sometió a una cardioecoscopia y se realizaron mediciones de TAPSE (excursión sistólica del plano del anillo tricuspídeo) y MAPSE (excursión sistólica del plano del anillo mitral) como parte del monitoreo hemodinámico no invasivo durante el periodo postoperatorio. Estas evaluaciones se llevaron a cabo con el fin de abordar y establecer una terapia basada en objetivos. La cardioecoscopia, una técnica de imagen intracardiaca, fue utilizada para obtener información detallada de la estructura y función cardiaca en tiempo real. Se realizaron mediciones precisas de TAPSE y MAPSE, que son indicadores reconocidos de la función sistólica ventricular derecha e izquierda, respectivamente. Estas mediciones proporcionaron una evaluación cuantitativa de la contractilidad ventricular y la función cardiaca global. El uso de la cardioecoscopia y las mediciones de TAPSE y MAPSE en el monitoreo hemodinámico no invasivo permitió un enfoque más preciso y orientado a objetivos en el manejo de los pacientes en el postoperatorio. Estas herramientas proporcionaron información valiosa sobre la función cardiaca, lo que permitió un ajuste individualizado de la terapia para optimizar los resultados clínicos.

Al incorporar la cardioecoscopia y las mediciones de TAPSE y MAPSE en nuestra estrategia de moni-

toreo, pudimos ofrecer una evaluación más completa de la función cardíaca de nuestros pacientes y ajustar la terapia de manera específica y personalizada. Esto contribuyó a un enfoque terapéutico más dirigido y fundamentado en objetivos precisos, mejorando así la atención clínica y los resultados en el periodo postoperatorio.

**Análisis estadístico.** Posteriormente, se realizó un análisis estadístico exhaustivo para examinar la relación entre la incidencia de problemas respiratorios y el diagnóstico de disfunción diafragmática, teniendo en cuenta otros determinantes clínicos significativos. Este análisis incluyó métodos estadísticos bivariados y multivariados para identificar posibles asociaciones y evaluar el impacto de diversas variables clínicas en el desarrollo de complicaciones respiratorias.

En cuanto a la descripción de las variables, se utilizó el análisis de frecuencia absoluta y relativa, expresada en porcentaje, para las variables cualitativas. Para las variables cuantitativas, se calcularon la media y la desviación estándar (DE), si seguían una distribución normal; o la mediana y el rango intercuartílico (la diferencia entre el tercer y primer cuartil), si no cumplían con dicha distribución. A continuación, se compararon las características de los pacientes que fallecieron con aquellos que no, utilizando pruebas estadísticas específicas. Para las variables cuantitativas que seguían una distribución normal, se utilizó la prueba t para la diferencia de medias. En caso de que no cumplieran con una distribución normal, se aplicó la prueba de Mann-Whitney U. En el caso de las variables categóricas, se utilizó la prueba de  $\chi^2$  o el test exacto de Fisher, según corresponda, para evaluar las diferencias entre los grupos de pacientes. Se consideró un valor de  $p \leq 0.05$  como estadísticamente significativo, lo que indicaría una asociación o diferencia significativa entre las variables analizadas. Todo el análisis estadístico fue realizado utilizando el software SPSS, versión IBM 26.

## RESULTADOS

Se incluyeron 35 pacientes con diagnóstico de MEC, de los cuales 26 (74.2%) fueron hombres, la mediana de edad de los pacientes fue de 69 (rango 58-74). Dentro de los datos encontramos que tenían una media de IMC  $27.9 \pm 4$ . Las comorbilidades más frecuentes fueron hipertensión arterial 19 (46.3%), diabetes 10 (24.4%), otras comorbilidades 17 (41.5), en la *Tabla 1* se describen las características demográficas de los pacientes incluidos.

Se realizaron la medición de diafragma derecho, diafragma izquierdo, obteniendo datos como en inspiración, y en espiración, la fracción de acortamiento se tomó el punto de corte del Dr. Dopico,  $< 20\%$ , al igual que una excursión  $< 11$  mm; se dividieron en dos grupos diafragma derecho e izquierdo, calculando para cada variable diferencia de medias, en la *Tabla 2* se muestra el análisis bivariado encontrando significancia estadística para diafragma en inspiración (IC 95% 0.435-0.990  $p = 0.004$ ), las demás variables no demostraron significancia estadística. Diez pacientes presentaron alteraciones en la función del diafragma y requirieron más días de ventilación mecánica y estancia en la Unidad de Cuidados Intensivos (UCI).

Al comparar el nivel de lesión con la fracción de engrosamiento  $< 20\%$ , de los 35 pacientes, sólo tres se encontraron con engrosamiento  $< 20\%$ , el nivel de afección fue: C3-C7: 1 (2.8%), C3-T1: 1 (2.8%), C5-C6: 1 (2.8%), con  $p = 0.155$  sin significancia estadística.

La excursión también se comparó con el nivel de afección, encontrando disminución de la misma en siete de los 35 pacientes, de los cuales el nivel de afección se localizó en C3-C6: 2 (5.6%), C3-C7: 2 (5.6%), C4-C5: 1 (2.8%), C5-C6: 2 (5.6%), con  $p = 0.039$  significativa. Posteriormente se sometió análisis multivariado; sin embargo, la escala de Nurick con las variables excursión, engrosamiento, grosor, fracción de acortamiento (FAC), explicaron el modelo en 23%, es decir,  $R^2 0.23$  (correlación débil),  $p = 0.590$ , y OR 0.33 IC 95% -0.045-0.28, motivo por el cual no se consideró significativo.

## DISCUSIÓN

La principal causa de lesión medular a nivel mundial es la MEC. La degeneración discal y facetaria progresiva de la columna cervical provocan un estrechamiento del canal raquídeo, produciendo compresión crónica de la médula espinal (ME) y la subsecuente discapacidad neurológica. Los estudios han demostrado que el diagnóstico precoz y el tratamiento quirúrgico podrían mejorar los resultados generales y neurológicos, evitando la progresión del deterioro. Las complicaciones respiratorias, como las infecciones respiratorias y las atelectasias, representan un importante problema médico en dicho grupo de pacientes. Complicaciones tales como atelectasias, neumonías, son una común causa de mortalidad en los pacientes con MEC. De ahí la importancia de evaluar y detectar las alteraciones de la función de la musculatura respiratoria, principalmente del diafragma. Los efectos directos e indirectos de la debilidad de los músculos respiratorios sobre el volumen

corriente, la capacidad vital, la capacidad pulmonar total y la distensibilidad pulmonar y de la caja torácica, son indeseables por varias razones. Si son graves, llevan al paciente a la hipoventilación, con retención de dióxido de carbono e hipoxia. Además, provocan áreas con ventilación empobrecida de los pulmones, que son altamente susceptibles de padecer atelectasias.<sup>18</sup>

Diferentes métodos permiten evaluar la función diafragmática: como la radiografía de tórax, tomografía, resonancia magnética dinámica y fluoroscopia; sin embargo, todos ellos implican el traslado del paciente crítico fuera del área de cuidados intensivos, son imprácticos y algunos de ellos utilizan radiación. La utilidad de la US en modo B y M para el estudio cualitativo de la cinética diafragmática ha ganado popularidad, debido a que permite valorar la función diafragmática a la cabecera del paciente de manera rápida y no invasiva, sin exponerlo a radiación ionizante.<sup>19</sup>

El estudio sonográfico de la función diafragmática se realiza con el paciente en posición supina, de esta manera podemos evaluar la cinética diafragmática utilizando tanto el modo B como el M a través de dos metodologías diferentes:

1. Movimiento diafragmático: examina la excursión diafragmática en tiempo real.
2. Morfología diafragmática: medición del engrosamiento del diafragma.

Se han descrito múltiples mecanismos fisiopatológicos implicados en la disfunción contráctil del diafragma. Uno de ellos es la disfunción metabólica muscular secundaria a una disminución de la actividad de enzimas mitocondriales y daño en el ADN mitocondrial por especies reactivas de oxígeno (ERO) producidas en estados de enfermedad crítica. Este estado prooxidativo se asocia con la acumulación de lípidos en las fibras musculares y un desbalance entre la reducción de la actividad diafragmática y al exceso de sustrato metabólico, sobrecargando la mitocondria y alterando la producción celular de adenosín trifosfato (ATP). Por otro lado, ocurre una alteración de la proteólisis muscular, incremento de las vías de la calpaína, caspasa-3, ubiquitina, vías que se vinculan con la autofagia y con la escisión de las proteínas del citoesqueleto, que en conjunto conllevarán al desarrollo de la debilidad diafragmática.<sup>20</sup>

Se han descrito múltiples factores de riesgo como la sepsis, la desnutrición, el uso de ciertos fármacos y la existencia de síndromes neuromusculares que también influyen en el desarrollo de disfunción del diafragma. En

el entorno de la UCI, la disfunción diafragmática se ha convertido ya en un tema de gran interés debido a su impacto clínico negativo en el resultado del destete, la duración de la ventilación mecánica, la supervivencia y el resultado a largo plazo. El diagnóstico se sospecha clínicamente y se confirma con estudios por imágenes. Se define disfunción diafragmática como una excursión menor de 10 mm o una excursión negativa (o movimiento paradójico). La variación del grosor diafragmático puede utilizarse como un indicador de la capacidad diafragmática para generar presión. Una variación menor de 20% podría ser considerada como un dato indirecto de disfunción diafragmática.<sup>21</sup>

Es importante destacar que en pacientes con MEC sometidos a ventilación mecánica, la evaluación ultrasonográfica del diafragma debe realizarse cuando el paciente se encuentra ya en ventilación espontánea. La disfunción diafragmática se puede asociar a importantes consecuencias clínicas tales como desarrollo de atelectasias, neumonía, entre otros. Identificar su origen y tratar sus síntomas requiere un examen exhaustivo. El ultrasonido es un medio simple y eficaz para evaluar de forma rutinaria la función del diafragma. Las imágenes por ultrasonido tienen una multitud de ventajas, ya que no son invasivas, son sensibles, seguras, portátiles y permiten mediciones en tiempo real a un costo relativamente bajo en humanos, además de servir como un método de detección fácilmente accesible y reproducible para el monitoreo en tiempo real.

Resultados: en este estudio prospectivo, investigamos la incidencia de disfunción diafragmática en pacientes con MEC en el postoperatorio inmediato y su relación con la aparición de síntomas respiratorios y la evolución clínica. Además, exploramos los determinantes clínicos asociados con la afectación respiratoria. Utilizamos la clasificación de Nurick para agrupar a los pacientes y evaluamos la utilidad de la ecografía diafragmática como una herramienta no invasiva para el diagnóstico de disfunción diafragmática.

**Resultados destacados:** la incidencia de disfunción diafragmática en los pacientes con MEC en las primeras 48 horas del postoperatorio inmediato fue de 42%. Esta disfunción se caracterizó por una fracción de engrosamiento del diafragma inferior a 20% durante la respiración normal y tras inspiración forzada.

La presencia de disfunción diafragmática se asoció significativamente con mayor riesgo de desarrollar síntomas respiratorios, como disnea y fatiga, así como con peor evolución clínica a lo largo del seguimiento.

Los determinantes clínicos significativos relacionados con la afectación respiratoria fueron la edad

avanzada, la presencia de comorbilidades respiratorias preexistentes y un mayor grado de mielopatía según la clasificación de Nurick.

La ecografía diafragmática se mostró como una herramienta útil y no invasiva para el diagnóstico de disfunción diafragmática en pacientes con MEC, proporcionando una evaluación objetiva de la fracción de engrosamiento del diafragma durante la respiración normal e inspiración forzada.

Estos hallazgos resaltan la importancia de la detección temprana de la disfunción diafragmática en pacientes con MEC y su relación con los síntomas respiratorios y la evolución clínica. Además, la ecografía diafragmática emerge como una herramienta prometedora en el diagnóstico de esta complicación, permitiendo una intervención terapéutica oportuna y personalizada.

**Resultados secundarios:** el presente estudio es pionero en investigar el uso de la ecografía diafragmática en pacientes con MEC. La ecografía diafragmática se ha utilizado ampliamente en otros campos de la medicina para evaluar la función diafragmática, pero hasta ahora no se ha explorado su aplicabilidad en pacientes con esta condición específica.

Nuestros hallazgos demuestran que la ecografía diafragmática es una herramienta no invasiva y prometedora para evaluar la función diafragmática en pacientes con mielopatía espondilótica cervical. Esta técnica nos permitió medir parámetros como el acortamiento y la excursión diafragmática, proporcionando información detallada sobre el estado funcional del diafragma en estos pacientes.

Al utilizar la ecografía diafragmática, pudimos identificar una alta incidencia de disfunción diafragmática en el postoperatorio inmediato de los pacientes con MEC. La presencia de disfunción diafragmática se asoció significativamente con la aparición de síntomas respiratorios y una peor evolución clínica. Estos resultados sugieren que la evaluación de la función diafragmática mediante ecografía puede desempeñar un papel importante en el manejo y seguimiento de estos pacientes.

Es importante destacar que, debido a la falta de estudios previos en esta área, nuestros hallazgos proporcionan una base sólida para futuras investigaciones y validación de la utilidad clínica de la ecografía diafragmática en pacientes con MEC. Además, este estudio resalta la necesidad de realizar más investigaciones en este campo para comprender mejor los mecanismos subyacentes de la disfunción diafragmática y explorar posibles intervenciones terapéuticas específicas.

En resumen, nuestros resultados respaldan la viabilidad y relevancia de la ecografía diafragmática en pacientes con MEC y abren nuevas perspectivas en el diagnóstico y manejo de la disfunción diafragmática en esta población. Estos hallazgos tienen el potencial de impactar positivamente en la atención clínica de los pacientes con MEC y podrían servir como base para futuros estudios en este campo emergente.

**Fortalezas:** *diseño prospectivo:* el estudio fue diseñado de manera prospectiva, lo que permitió recopilar datos en tiempo real y minimizar el sesgo de selección y la influencia de factores externos.

*Tamaño de la muestra:* se incluyeron 35 pacientes en el estudio, lo que proporciona una muestra razonablemente adecuada para evaluar las relaciones entre las variables y obtener resultados significativos.

*Uso de la clasificación de Nurick:* la utilización de la clasificación de Nurick permitió agrupar a los pacientes según su grado de discapacidad a la marcha, lo que facilitó la evaluación de los resultados quirúrgicos y la comparación entre diferentes grupos.

*Evaluación de la función diafragmática:* se realizaron mediciones del diafragma derecho e izquierdo, incluyendo la fracción de acortamiento y la excursión, lo que proporcionó una evaluación completa de la función diafragmática en los pacientes con MEC.

**Debilidades:** *tamaño de la muestra limitado:* aunque se incluyeron 35 pacientes en el estudio, el tamaño de la muestra sigue siendo relativamente pequeño, lo que puede limitar la generalización de los resultados a una población más amplia.

*Análisis multivariado limitado:* el análisis multivariado realizado no mostró significancia estadística en las variables evaluadas, lo que puede indicar que otras variables no consideradas en el estudio podrían influir en los resultados.

*Evaluación de variables adicionales:* el estudio se centró principalmente en la función diafragmática y su relación con los resultados clínicos. Sin embargo, otros factores, como la función pulmonar y la capacidad de ejercicio, podrían haber proporcionado información adicional relevante.

*Falta de seguimiento a largo plazo:* el seguimiento de los pacientes se limitó al postoperatorio inmediato, lo que impide evaluar los resultados y la evolución a largo plazo de los pacientes.

## CONCLUSIONES

En este estudio prospectivo de pacientes con MEC, encontramos una alta incidencia de disfunción dia-



fragmática en el postoperatorio inmediato, la cual se asoció significativamente con la aparición de síntomas respiratorios y una peor evolución clínica. La utilización de la ecografía diafragmática se mostró como una herramienta no invasiva y útil en el diagnóstico de esta complicación. Además, identificamos factores clínicos relevantes, como la edad avanzada, comorbilidades respiratorias preexistentes y el grado de mielopatía, que se relacionaron con la afectación respiratoria.

Estos hallazgos destacan la importancia de la detección temprana de la disfunción diafragmática en pacientes con MEC, ya que se asoció con una mayor necesidad de ventilación mecánica y una prolongación de la estancia en la UCI. La ecografía diafragmática emerge como una herramienta prometedora en el seguimiento y manejo de estos pacientes, permitiendo una terapia guiada por objetivos. Se requieren investigaciones adicionales con muestras más grandes y un seguimiento a largo plazo para validar estos resultados y explorar posibles intervenciones terapéuticas específicas.

## REFERENCIAS

- McCormick JR, Sama AJ, Schiller NC, Butler AJ, Donnally CJ 3rd. Cervical spondylotic myelopathy: a guide to diagnosis and management. *J Am Board Fam Med.* 2020; 33: 303-313.
- Lebl DR, Bono CM. Update on the diagnosis and management of cervical spondylotic myelopathy. *J Am Acad Orthop Surg.* 2015; 23: 648-660.
- Jawad ZY, Hamdan FB, Nema IS. Neurophysiologic evaluation of patients with cervical spondylotic myelopathy. *Egypt J Neurol Psychiatry Neurosurg.* 2022; 58: 166.
- Park HY, Kim KW, Ryu JH, Lim CR, Han SB, Lee JS. Cervical foraminal stenosis causing unilateral diaphragmatic paralysis without neurologic manifestation: a case report and review of the literature. *Medicine (Baltimore).* 2020; 99: e21349.
- Vieira Santana P, Zumpano Cardenas L, Pereira de Albuquerque AL, Ribeiro de Carvalho CR, Caruso P. Diaphragmatic ultrasound: a review of its methodological aspects and clinical uses. *J Bras Pneumol.* 2020; 46: e20200064.
- Ricoy J, Rodríguez-Núñez N, Álvarez-Dobaño JM, Toubes ME, Riveiro V, Valdés L. Diaphragmatic dysfunction. *Pulmonology.* 2019; 25: 223-235.
- Scarlata S, Mancini D, Laudisio A, Incalzi AR. Reproducibility of diaphragmatic thickness measured by M-mode ultrasonography in healthy volunteers. *Respir Physiol Neurobiol.* 2019; 260: 58-62.
- Dubé BP, Dres M. Diaphragm dysfunction: diagnostic approaches and management strategies. *J Clin Med.* 2016; 5: 113.
- Demoule A, Jung B, Prodanovic H, Molinari N, Chanques G. Diaphragm dysfunction on admission to the intensive care unit. Prevalence, risk factors, and prognostic impact - a prospective study. *Am J Respir Crit Care Med.* 2013; 188: 213-219.
- Catalá-Ripoll JV, Monsalve-Naharro JÁ, Hernández-Fernández F. Incidence and predictive factors of diaphragmatic dysfunction in acute stroke. *BMC Neurol.* 2020; 20: 79.
- McCool FD, Manzoor K, Minami T. Disorders of the diaphragm. *Clin Chest Med.* 2018; 39: 345-360.
- Kokatnur L, Rudrappa M. Diaphragmatic palsy. *Diseases.* 2018; 6: 16.
- Vetrugno L, Guadagnin GM, Barbariol F, Langiano N, Zangrillo A, Bove T. Ultrasound imaging for diaphragm dysfunction: a narrative literature review. *J Cardiothorac Vasc Anesth.* 2019; 33: 3054-3067.
- Ramzy EA, Mostafa MA. Diaphragm ultrasound as a new functional and morphological index of outcome, prognosis and discontinuation from mechanical ventilation in critically ill patients and evaluating the possible protective indices against VIDD. *Egypt J Chest Dis Tuberc.* 2017; 66: 339-351.
- López Escárraga VM, Dubos España K, Castillo Bustos RH, Peidró L, Sastre S, Sala-Blanch X. Diaphragmatic thickness ratio (inspiratory/expiratory) as a diagnostic method of diaphragmatic palsy associated with interscalene block. *Rev Esp Anesthesiol Reanim.* 2018; 65: 81-89.
- Dass C, Dako F, Simpson S, Marchetti N, Steiner R, Criner G. Sonographic evaluation of diaphragmatic dysfunction: technique, interpretation, and clinical applications. *J Thorac Imaging.* 2019; 34: S131-S140.
- Neto Silva I, Duarte JA, Perret A, Dousse N, Wozniak H, Bollen Pinto B, et al. Diaphragm dysfunction and peripheral muscle wasting in septic shock patients: Exploring their relationship over time using ultrasound technology (the MUSiShock protocol). *PLoS ONE.* 2022; 17: e0266174.
- Molina Peña ME, Sánchez CM, Rodríguez Triviño CY. Physiopathological mechanisms of diaphragmatic dysfunction associated with mechanical ventilation. *Rev Esp Anesthesiol Reanim.* 2020; 67: 195-203.
- Badhiwala JH, Wilson JR. The natural history of degenerative cervical myelopathy. *Neurosurg Clin N Am.* 2018; 29: 21-32.
- Davies BM, Mowforth OD, Smith EK, Kotter MR. Degenerative cervical myelopathy. *BMJ.* 2018; 360: k186.
- Zambon M, Greco M, Bocchino S, Cabrini L, Beccaria PF, Zangrillo A. Assessment of diaphragmatic dysfunction in the critically ill patient with ultrasound: a systematic review. *Intensive Care Med.* 2017; 43: 29-38.

**Conflicto de intereses:** el equipo médico no tiene ningún conflicto de intereses en relación con los resultados de esta investigación.



Julio-Septiembre 2023  
Vol. 1, núm. 3 / pp. 158-167

Recibido: 09 de Agosto de 2023  
Aceptado: 18 de Agosto de 2023

doi: 10.35366/112799

# Ventajas de la integridad biomecánica sacra durante la fusión lumbar y toracolumbar en pacientes sin patología del segmento L5-S1

## *Advantages of sacral biomechanical integrity during lumbar and thoracolumbar fusion in patients without L5-S1 segment pathology*

Alejandro Marina Garduño,\* José María Jiménez Ávila<sup>†</sup>

### Palabras clave:

instrumentación y fusión toracolumbar, lumbar corta, preservación del segmento L5-S1, L5 vértebra inferior instrumentada, ventajas, integridad sacra.

### Keywords:

thoracolumbar instrumentation and fusion, short lumbar, preservation of the L5-S1 segment, L5 lower instrumented vertebra, advantages, sacral integrity.

### RESUMEN

**Introducción:** consideramos que la columna lumbar forma parte de un engranaje estructural al estar enclavada en la pelvis y soportada por el sacro y el cóccix; así como la base de sustentación inclinada proporcionada por la angulación del sacro. Por lo que una mayor incidencia pélvica implica un incremento de la pendiente sacra “*Sacral Slope*”, lo que resulta en una mayor lordosis lumbar. Durante los movimientos resalta la importancia de los músculos no solamente de la espalda, sino los de la pelvis, el abdomen y las piernas; a la vez que en el mantenimiento biomecánico de la postura y de la estabilidad de la columna. Por lo que la fusión lumbar multisegmentaria, especialmente del segmento L5-S1, limita significativamente la movilidad lumbar y afecta la capacidad de compensar los cambios posturales. Reducir los segmentos de fusión tanto como sea posible es de particular valor para preservar la movilidad lumbar y mantener el mecanismo compensatorio de la espinopelvis.

**Material y métodos:** se realizó una búsqueda en cuatro diferentes bases de datos con las palabras clave, buscando artículos relacionados con las ventajas y desventajas de la instrumentación y fusión toracolumbar y fusión lumbar corta con terminación en el segmento L5 comprendidos entre 2000 y 2023, se incluyeron 25 artículos. **Conclusiones:** encontramos que un segmento L5-S1 sano e íntegro proporciona ventajas biomecánicas y quirúrgicas que ayudan a contribuir a mejores resultados y menores complicaciones en fusiones toracolumbar y lumbar corta. Se recomienda seleccionar adecuadamente a los pacientes a quienes se planea evitar la fusión L5-S1, especialmente durante fusiones largas, y esforzarse por obtener óptimos resultados posoperatorios en parámetros espinopélvicos y buena corrección de la curva fraccional postoperatoria. Las características de selección incluyen: preservación de altura del disco L5-S1, buen equilibrio sagital, lordosis lumbar preservada, incidencia pélvica, (IP) > 48.5°, eje vertical sagital (SVA) < 4.43 cm y distancia sacro-femoral (SFD) < 5.65 cm.

### ABSTRACT

**Introduction:** we consider that the lumbar spine is part of a structural gear as it is located in the pelvis and supported by the sacrum and coccyx. The angulation of the sacrum provides an inclined base of support for the lumbar spine. It highlights the importance of the muscles not only of the back but also

\* Residente de tercer año. Hospital General “Dr. Manuel Cárdenas de la Vega”, ISSSTE, Culiacán, Sinaloa. ORCID: 0009-0006-1559-6144

<sup>†</sup> Médico adscrito. Hospital de Especialidades Centro Médico Nacional de Occidente, Guadalajara, Jalisco. ORCID: 0000-0002-5532-5318

### Correspondencia:

Alejandro Marina Garduño

E-mail: alejandromarinaortopedia@gmail.com

**Citar como:** Marina GA, Jiménez ÁJM. Ventajas de la integridad biomecánica sacra durante la fusión lumbar y toracolumbar en pacientes sin patología del segmento L5-S1. *Cir Columna*. 2023; 1 (3): 158-167. <https://dx.doi.org/10.35366/112799>





those of the pelvis, abdomen and legs in the biomechanical maintenance of posture and stability of the spine. A higher pelvic incidence implies an increase in the sacral slope, resulting in a greater lumbar lordosis. Multisegmental lumbar fusion significantly limits lumbar mobility and affects the ability to compensate for postural changes. Reducing fusion segments as much as possible is of particular value to preserve lumbar mobility and maintain the compensatory mechanism of the spinopelvis. **Material and methods:** a search was performed in four different databases with the keywords, looking for articles related to the advantages and disadvantages of instrumentation and thoracolumbar fusion and short lumbar fusion with termination in the L5 segment between 2000 and 2023, 25 articles were included. **Conclusions:** finding a healthy and biomechanically integral L5-S1 segment, there are biomechanical and surgical advantages that help contribute to better results and fewer complications in short lumbar and thoracolumbar fusions. It is recommended to properly select patients who plan to avoid L5-S1 fusion especially during long fusions and strive for optimal postoperative results in spinopelvic parameters and good correction of the postoperative fractional curve. Selection features include: L5-S1 disc height preservation, good sagittal balance, preserved lumbar lordosis, pelvic incidence (PI) > 48.5°, sagittal vertical axis (SVA) < 4.43 cm and sacrum-femoral distance (SFD) < 5.65 cm.

#### Abreviaturas:

DIV = disco intervertebral.  
 DMD = distrofia muscular de Duchenne.  
 GLM = grados de libertad de movimiento.  
 IP = incidencia pélvica.  
 LIV = vértebra instrumentada más distal.  
 LL = lordosis lumbar.  
 ODI = índice de discapacidad de Oswestry.  
 PSO = osteotomía de sustracción pedicular de un solo nivel.  
 PT = inclinación pélvica.  
 SFD = sacrum-femoral distance.  
 SS = inclinación sacra.  
 SVA = sagittal vertical axis.  
 UFLSC = unidad funcional lumbo-sacro-coccígea-pélvica.  
 VAS = escala visual análoga.

## INTRODUCCIÓN

### Biomecánica estática del raquis lumbar

Consideramos que la columna lumbar forma parte de un engranaje estructural al estar enclavada en la pelvis y soportada por el sacro y el cóccix. En ese contexto consideramos la región lumbar como parte de una *unidad funcional lumbo-sacro-coccígea-pélvica* (UFLSC), que tiene un desarrollo embriológico común, una estructura anatómica, muscular y ligamentaria que se relaciona, una inervación compartida y un mismo funcionamiento biomecánico. La UFLSC es un concepto nuevo de entendimiento del funcionamiento de la columna lumbosacra. La columna vertebral protege en su interior a la médula y es el eje biomecánico del movimiento de las extremidades, permitiendo el sostén de la cabeza y la interacción con el entorno. El hueso está mantenido por cartílagos, ligamentos y envuelto por músculos que favorecen el movimiento. Las curvaturas anatómicas de la región lumbar le dan a la columna la capacidad de mantener una elasticidad y una rigidez que permite absorber los

impactos biomecánicos sin perder la estabilidad de los segmentos vertebrales.<sup>1</sup>

Las características biomecánicas de la columna lumbosacra en particular se basan en la posición que tiene este segmento en relación con toda la columna vertebral, el diseño estructural y los grados de libertad de movimiento (GLM) que desarrollan. Gracias a los grados de libertad de movimiento y a la capacidad de carga del segmento lumbosacro, es factible que todas las estructuras que están por arriba de esta región puedan realizar movimientos de flexo-extensión, lateralización y rotación, lo que le proporciona una gran movilidad al tórax y apoyo suficiente a la cintura escapular. La angulación del sacro proporciona una base de sustentación inclinada para la columna lumbar, lo que provoca que forme una curvatura que biomecánicamente se traduce en mayor resistencia para toda la columna. La posición de la articulación lumbosacra permite soportar grandes cantidades de carga sin que se afecten los tejidos; sin embargo, la inclinación del sacro genera un esfuerzo similar al que se produce en un plano inclinado con un cuerpo que se desliza a través de él, donde las fuerzas de gravedad provocan un desplazamiento hacia abajo y hacia el frente sobre la superficie sacra, incrementando la tensión ligamentaria y del disco intervertebral.<sup>2</sup>

Los ligamentos que proporcionan mayor estabilidad a la columna son los longitudinales, los interespinosos, los capsulares y el ligamento amarillo. En su conjunto permiten los movimientos vertebrales dentro de los límites elásticos manteniendo la estabilidad biomecánica. El disco intervertebral (DIV) es una estructura que transmite cargas, al mismo tiempo que es un componente que hace las veces de cojinete, lo que provee de flexibilidad a la columna. La acción de las

cargas mecánicas es de fundamental importancia para mantener un disco intervertebral sano.<sup>2</sup>

Wilke midió la presión bajo diferentes actividades que involucran movimiento en la columna lumbar. La carga sobre la columna lumbar en posición ortostática es de aproximadamente 800 N cuando el sacro se encuentra con una inclinación de 30°; en posición sedente con la columna erguida se incrementa a 996 N.<sup>14</sup> La flexión del tronco incrementa de manera progresiva la carga en la columna lumbar y llega hasta 220% de la carga en posición ortostática.<sup>2</sup>

### Biomecánica cinética del raquis lumbar

Los músculos están divididos por región y, de acuerdo con su posición, cumplen con una función especial. Los músculos de la región anterior donde encontramos al psoas iliaco en todo el aspecto anterolateral de la columna lumbar, presenta una inserción distal sobre el trocánter menor del fémur; en la columna está insertado sobre los procesos transversos, cuerpos vertebrales y el disco intervertebral de T12 a L5, y de modo funcional es un flexor primario de la cadera y, de manera secundaria, un flexor del tronco. Otros músculos de la región anterior son los rectos abdominales. Los músculos abdominales inician la flexión del tronco, junto con la porción vertebral del psoas. El peso del resto del tronco completará la fuerza necesaria para producir la flexión, los músculos erectores ejercen una fuerza antagónica que controla el movimiento de manera gradual.<sup>2</sup>

Entonces, en las posturas de flexión interacciona de manera directa la columna lumbar con la pelvis. Los primeros 60° de la flexión dependen exclusivamente de la columna lumbar, pero los 25° restantes se producen en la pelvis. Hay una fuerte contracción de los músculos glúteo máximo y glúteo medio, que permite que la columna lumbar se estabilice, y la pelvis desarrolla un movimiento de *basculación*. Esa parte final del movimiento se controla con la contracción de músculos antagónicos del movimiento, como es el músculo erector de la espalda. Los movimientos de inclinación dependen de los músculos multifidos, longísimos y recto abdominal ipsilateral.<sup>1</sup>

En extensión de la columna se activa la masa lumbar común (agonista) y los músculos abdominales (antagonistas).<sup>1</sup> El movimiento de extensión del tronco se inicia con la contracción del músculo glúteo máximo, el músculo cuadrado lumbar, los oblicuos y los isquiotibiales; a este esfuerzo se van sumando los músculos paraespinales y permanecen activos hasta que la columna presenta extensión completa.<sup>2</sup>

Lo anterior resalta la importancia de los músculos en el mantenimiento biomecánico de la postura y de la estabilidad de la columna; no solamente los músculos de la espalda, sino los de la pelvis, el abdomen y las piernas.<sup>1</sup>

Desde que se describió la importancia del balance sagital de la columna vertebral, son muchos los autores que han estudiado y reconocido su complejidad e importancia. Así, una mayor incidencia pélvica implica un incremento de la pendiente sacra “*Sacral Slope*”, lo que resulta en una mayor lordosis lumbar. El incremento de la lordosis lumbar resulta en grandes fuerzas de cizallamiento sobre la unión lumbosacra, que incrementa el riesgo de desarrollar espondilolistesis.<sup>3</sup>

Conceptos básicos:<sup>1</sup>

1. *Balance sagital*: posición “normal” de la columna, caracterizada por lordosis cervical, cifosis dorsal y lordosis lumbar, que permite una postura erecta con un mínimo de actividad muscular y mínima deformidad de tejidos blandos. Debe iniciar en el centro del cuerpo de C7, pasar sobre el promontorio sacro a 2 cm de su porción más anterior.
2. *Estabilidad clínica*: es la capacidad de la columna de limitar el desplazamiento de sus estructuras cuando es sometido a cargas fisiológicas.
3. *Cono de economía*: es el rango de movimiento de la columna en el que se mantiene una reserva energética (bajo consumo energético) con un mínimo de actividad muscular para mantener una postura de pie (no sólo en un plano sagital)
4. *Alineamiento espino pélvico*: la pelvis es la base biomecánica de la columna. A través del sacro, que es quien cierra la circunferencia pélvica, se modifica o se mantiene la alineación de la columna vertebral. Ese alineamiento espino pélvico depende de la incidencia pélvica, la inclinación pélvica y la inclinación sacra.
5. *La incidencia pélvica (IP)*: es el ángulo que se forma entre una línea trazada desde el centro de la cabeza femoral, hasta un punto medio en el promontorio sacro, (plano sagital), y una segunda línea perpendicular a este último punto. El ángulo formado debe estar entre 50-55 grados. Este ángulo es constante y no se debe modificar con la edad. Cuando el ángulo es mayor verticaliza el sacro y aumenta la lordosis lumbar de forma compensatoria para poder mantener el balance sagital.
6. *Lordosis lumbar ideal*: Schwab realizó una fórmula que permite calcular la lordosis lumbar ideal;  $LL = IP + 9^\circ$ .

7. *La inclinación pélvica (PT)*: es el ángulo obtenido (plano sagital) entre una línea que va desde el centro de la cabeza femoral hasta un punto medio localizado en el platillo terminal del sacro y una segunda línea sobre el trayecto de una plomada vertical, que pasa también sobre la cabeza femoral. Su rango normal va de menos 5° hasta 30°.
8. *La inclinación sacra (SS)*: es un ángulo formado entre una línea que se traza paralela al eje del promontorio sacro y una segunda línea en el horizonte, justo superior al sacro. Hace parte de los parámetros dinámicos, con una muy importante relación con la IP, pues esta última es la sumatoria entre la PT y la SS.

Sinian Wang y colaboradores realizaron un estudio comparativo del balance sagital en bipedestación y durante la sedestación de 41 pacientes tratados con fusión lumbar; de los cuales, 18 con fusión monosegmentaria y 23 con fusión multisegmentaria, respectivamente, con un grupo control de 50 pacientes con cambios degenerativos lumbares sin tratamiento quirúrgico previo. Durante la sedestación se observaron diferencias estadísticamente significativas en los tres grupos: cifosis torácica ( $p = 0.031$ ), lordosis lumbar (LL) ( $p = 0.012$ ), PT ( $p = 0.009$ ) y eje vertical sagital (SVA) ( $p = 0.009$ ). Al pasar de estar de pie a estar sentado, el grupo multisegmentario tuvo el menor cambio en SVA ( $p = 0.016$ ), PT ( $p = 0.043$ ) y LL ( $p = 0.009$ ), con un aumento compensatorio en cifosis torácica ( $p = 0.021$ ). La fusión lumbar multisegmentaria, especialmente del segmento L5-S1, limita significativamente la movilidad lumbar y afecta la capacidad de compensar los cambios posturales. Reducir los segmentos de fusión tanto como sea posible es de particular valor para preservar la movilidad lumbar y mantener el mecanismo compensatorio de la espinopelvis.<sup>4</sup>

## MATERIAL Y MÉTODOS

Se realizó un estudio de revisión sistemática de la literatura, así como artículos científicos a través de una búsqueda en las bases de datos PubMed, ProQuest, Cochrane y Google Scholar. Los criterios de búsqueda incluyeron artículos comprendidos desde 2000 a 2023, utilizando palabras clave que incluyeron: “artrodesis a L5”, “S1”, “instrumentación, fusión y balance”; Se tomaron como excluyentes artículos de enfermos con espondilolistesis de L5-S1, estudios de enfermos con patologías traumáticas o malignidad,

tipos de intervención con instrumentación iliaca, estudios con diseño no clínicos o estudios en animales, reportes de casos, publicaciones duplicadas y se incluyeron 25 artículos sobre las ventajas y desventajas de la instrumentación y fusión toracolumbar y fusión lumbar corta con terminación en el segmento L5; de los cuales, 19 son estudios retrospectivos y cohortes con seguimiento mínimo a 18 meses, un metaanálisis, tres artículos de revisión sistemática y dos estudios experimentales, todos ellos teniendo como común denominador la comparación de no fusionar el segmento L5-S1 (sacro) con fusionarlo, siendo valorados con parámetros espinopélvicos, así como escalas de gradación clínica y radiológica.

## RESULTADOS

Se realizó una revisión de la literatura y artículos científicos a través de una búsqueda en cuatro bases de datos, encontrando 4,551 registros, de los cuales: 154 de PubMed, 854 de ProQuest, 3 de Cochrane y 3,540 de Google Scholar. Se excluyeron 3,605 artículos por duplicaciones siendo seleccionados 946. Durante el cribado se excluyeron 919 artículos al no cumplir con los criterios de inclusión. De los restantes 27 textos completos evaluados, se eliminaron dos artículos al presentar el criterio de exclusión de reportes de un caso, finalmente se incluyeron 25 artículos para su análisis en este estudio de revisión (*Figura 1*).

Según el tipo de participantes se valoraron pacientes con escoliosis lumbar secundaria, escoliosis degenerativa y escoliosis idiopática del adulto e incluyeron integridad mecánica y estructural del nivel L5-S1 (*Figura 2*).

Obsérvese en la *Figura 3* el tipo de intervenciones seleccionadas.

Las características analizadas se realizaron por medio de radiografías, valorando parámetros espinopélvicos en proyecciones estáticas o dinámicas, así como de escalas de gradación clínicas y radiográficas como SRS-24, escala visual análoga (VAS) y índice de discapacidad de Oswestry (ODI). Se incluyó una valoración con sensores electromagnéticos y un análisis angular y de fuerzas de carga.

Durante el seguimiento, en los pacientes que no se fusiona el sacro, 10 artículos encontraron segmento adyacente subsecuente de L5-S1 y lo asociaron con balance sagital positivo y con pobres resultados en parámetros espinopélvicos postoperatorios, entre otros (*Tabla 1*).

Brown y colaboradores concluyeron que los pacientes con buen equilibrio sagital preoperatorio, lordosis lumbar preservada, buena corrección de la curva fraccional postoperatoria y preservación de la altura del disco L5-S1 tienen más probabilidades de beneficiarse de la fusión posterior a L5, evitando la fusión sacra, para la escoliosis del adulto.

Encontramos como moda estadística menores complicaciones postquirúrgicas y otras ventajas al evitar la fusión del segmento L5-S1, señaladas a continuación:

1. Menor tiempo quirúrgico.
2. Menor cantidad de sangrado.
3. Menor incidencia de infección.
4. Menor tasa de pérdida del implante.
5. Menor necesidad de reoperaciones.
6. Sin manifestaciones clínicas relacionadas al segmento adyacente L5-S1.
7. Mejoría del balance sagital mantenido por cambios compensatorios en el *Sacral Slope*.

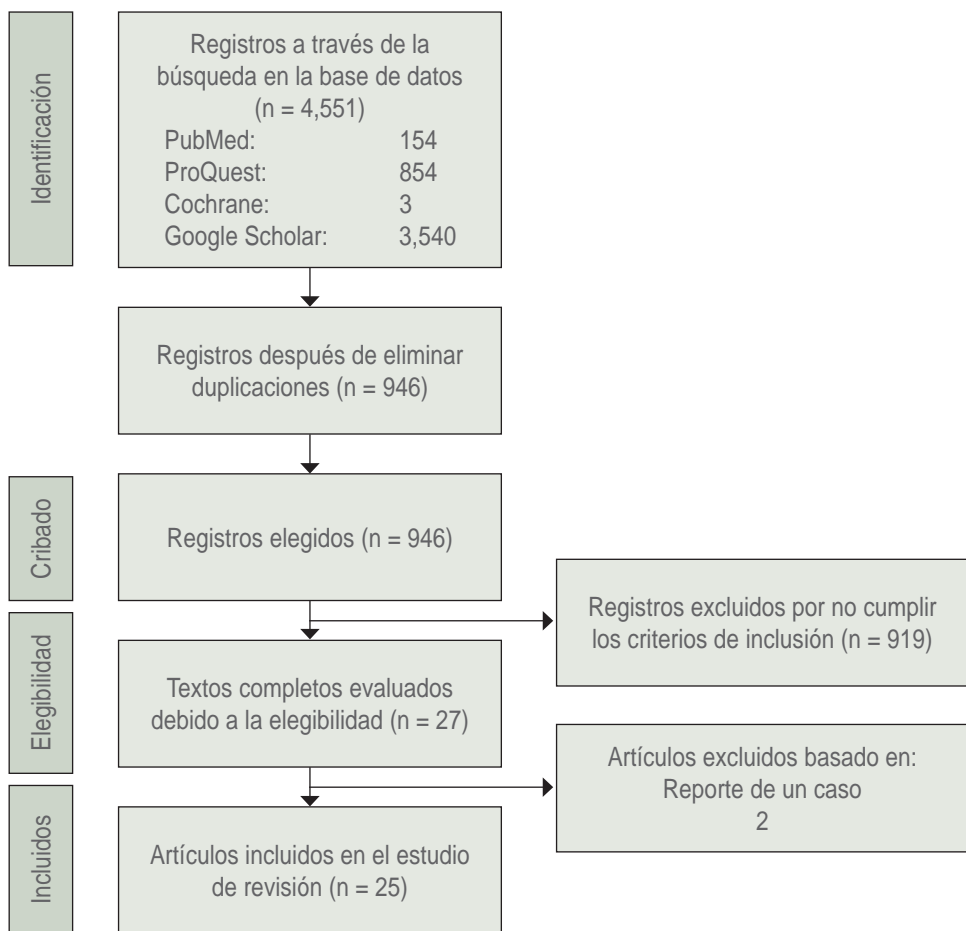
8. Menor incidencia de segmento adyacente proximal
9. Adecuada corrección del ángulo de Cobb y mantenimiento del movimiento lumbosacro al sentarse.

Sin embargo, ocho artículos mencionan similares resultados al fusionar o evitar la fusión del segmento L5-S1 en cuanto a escalas de gradación clínica, incidencia de segmento adyacente y mejoría de parámetros espinopélvicos.

Los dos estudios experimentales mencionan menor probabilidad en incidencia de segmento adyacente en segmentos proximales al evitar la fusión a S1 o sacra y lo atribuyen a la conservación de la biomecánica lumbosacra.

Tres artículos, incluyendo un metaanálisis, además de aumento de complicaciones, encontraron otras desventajas significativas de pacientes con fusiones a S1:

1. Altas tasas de pseudoartrosis.
2. Degeneración de las articulaciones sacroiliacas.



**Figura 1:** Prisma de búsqueda de datos con inclusión y exclusión.

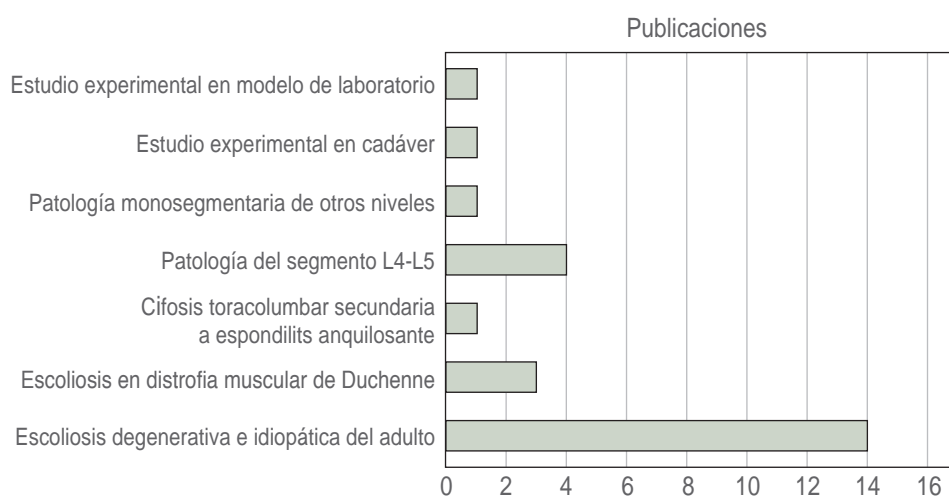


Figura 2:

Tipo de patologías analizadas.

En cuanto a la mejoría del balance sagital y lordosis lumbar comparamos los resultados entre fusionar o evitar la fusión al sacro (Figura 4).

En los tres artículos que valoraron pacientes con distrofia muscular de Duchenne (DMD) encontraron menor tasa de complicaciones si se evita la fusión sacra, además la instrumentación segmentaria de tornillo pedicular y la fusión a L5 es efectiva y segura en pacientes con escoliosis secundaria a DMD sin oblicuidad pélvica significativa inicialmente y a largo plazo, obviando la necesidad de fijación al sacro/pelvis.

Finalmente, la mayoría de los artículos coinciden en que se debe seleccionar adecuadamente a los pacientes de acuerdo con sus características clínicas, factores de riesgo y parámetros espinopélvicos prequirúrgicos, para tomar la decisión de si se fusiona o no el segmento L5-S1, lo cual tiene ciertas ventajas frente al otro.

## DISCUSIÓN

Si un disco L5-S1 en los pacientes con diferentes patologías espinales puede preservarse o incluirse en la fusión sigue siendo controvertido; la detención de la fusión en L5 ofrece la preservación del segmento de movimiento L5-S1 y tiene las ventajas de una cirugía más pequeña y una menor probabilidad de pseudoartrosis. Las fusiones con el sacro conducen a varios problemas. La tasa de pseudoartrosis es sustancialmente mayor, especialmente cuando se realiza fusión posterior sola. En general, se ha aceptado que la tasa de pseudoartrosis es mayor cuando la fusión se extiende al sacro que cuando se detiene la fusión en L5.

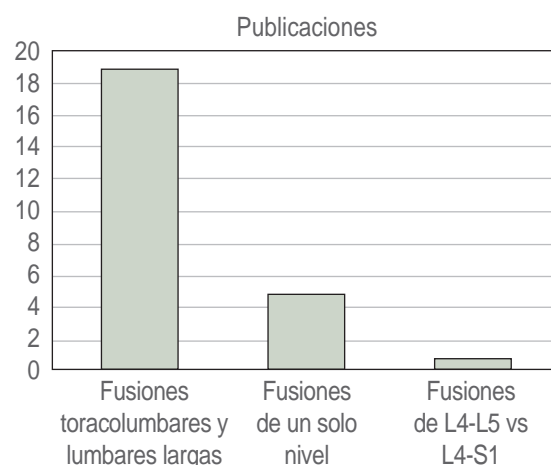


Figura 3: Tipo de intervenciones.

Las tasas más altas de pseudoartrosis pueden estar asociadas con un método de fijación menos rígido.<sup>5</sup>

Las fusiones adultas largas al sacro requieren más procedimientos y tienen mayor frecuencia de complicaciones que fusiones similares a L5.<sup>6-9</sup> Estudios de revisión sistemática y metaanálisis coinciden en que la fusión a L5 o superior tuvo ventajas en tasa de pseudoartrosis, complicaciones relacionadas con implantes y enfermedad del segmento adyacente proximal.<sup>10-13</sup>

Respecto al segmento adyacente superior (o proximal), la fusión al sacro en una fusión lumbar inferior puede no proporcionar un beneficio significativo desde el punto de vista de evitar la enfermedad del segmento adyacente.<sup>14</sup> En general, sentarse requiere que los segmentos lumbares inferiores se sometan a flexión,



**Tabla 1:** Frecuencia y factores de riesgo de segmento adyacente de L5-S1 en pacientes sin fusión sacra.

Autor	Título	Incidencia se segmento adyacente L5-S1	Factores de riesgo
Brown K, Ludwig SC, Gelb DE (2004)	Radiographic predictors of outcome after long fusion to L5 in adult scoliosis. <i>Journal of Spinal Disorders &amp; Techniques</i>	Diez pacientes (62%) no tenían evidencia de degeneración transicional. Seis pacientes (38%) tenían evidencia radiográfica de degeneración L5-S1, y tres (19%) se sometieron a revisión	Lordosis lumbar decrecida y descompensación sagital
Cho KJ, Suk SI, Park SR, Kim JH, Choi SW, Yoon YH et al. (2009)	Arthrodesis to L5 versus S1 in long instrumentation and fusion for degenerative lumbar scoliosis	La posterior degeneración avanzada del disco L5-S1 ocurrió en nueve de los pacientes (58%) en el grupo L5 y aflojamiento de los tornillos L5	Siete de los nueve pacientes mostraron desequilibrio sagital preoperatorio y/o hipolordosis lumbar
Edwards CC 2nd, Bridwell KH, Patel A, Rinella AS, Berra A, Lenke LG (2004)	Long adult deformity fusions to L5 and the sacrum. A matched cohort analysis	El 67% de los pacientes con L5 tenían evidencia radiográfica de degeneración avanzada del disco 5-1 y la cohorte L5 tendía a tener un equilibrio sagital inferior (plomada C7: L5, +4,0 cm, sacro, +1,2 cm; p = 0.06)	Cambio hacia adelante en el equilibrio sagital
Edwards CC 2nd, Bridwell KH, Patel A, Rinella AS, Jung Kim Y, Berra ABA et al. (2003)	Thoracolumbar deformity arthrodesis to L5 in adults: the fate of the L5-S1 disc.	19 de 31 pacientes (61%) evaluados de tener discos "sanos" antes de la cirugía	Desplazamiento hacia adelante en el equilibrio sagital (p = 0.02), equilibrio sagital positivo preoperatorio (p = 0.01), edad más joven (p = 0.03) y la presencia de degeneración radiográfica incluso leve antes de la cirugía (p = 0.004)
Izumi Y, Kumano K (2001)	Analysis of sagittal lumbar alignment before and after posterior instrumentation: risk factor for adjacent unfused segment	Sin analizar si se fusionó o no el sacro, 21 casos (15.4%)	Pérdida postoperatoria de lordosis lumbar. Las diferencias en los cambios postoperatorios en el ángulo de lordosis entre pacientes con y sin cambios degenerativos del segmento adyacente no fusionado fueron significativas (p < 0.01)
Kuhns CA, Bridwell KH, Lenke LG, Amor C, Lehman RA, Buchowski JM, et al. (2007)	Thoracolumbar deformity arthrodesis stopping at L5: fate of the L5-S1 disc, minimum 5-year follow-up	2/31 degeneración avanza da preoperatoria. La enfermedad del segmento adyacente L5-S1 posoperatorio se desarrolló en 18 de 26 pacientes (69%)	Fusiones largas de columna torácica superior hasta L5 (p = 0.02), fusión lumbar circunferencial (p = 0.02), plomada C7 > 5 cm (p = 0.009)
Bridwell KH, Edwards CC 2nd, Lenke LG (2003)	The pros and cons to saving the L5-S1 motion segment in a long scoliosis fusion construct	Mayor al evitar fusionar el sacro según literatura	
Swamy G, Berven SH, Bradford DS (2007)	The selection of L5 versus S1 in long fusions for adult idiopathic scoliosis	Mayor al evitar fusionar el sacro según literatura	
Taneichi H, Inami S, Moridaira H, Takeuchi D, Sorimachi T, Ueda H et al. (2020)	Can we stop the long fusion at L5 for selected adult spinal deformity patients with less severe disability and less complex deformity?	Tasa de cirugía de revisión (50% frente a 14%). Las causas de la cirugía de revisión en el grupo L5 fueron insuficiencia de la unión distal en cinco pacientes y estenosis foraminal en L5-S1 en 1	Edad > 50 años
Yan C, Gao X, Sun Y, Dong Z, Shen Y. (2018)	The preoperative predictors for subsequent degeneration in L5-S1 disc after long fusion arthrodesis terminating at L5 in patients with adult scoliosis: focus on spinopelvic parameters	57.3% (36 de 67 pacientes)	PI < 48.5°, SVA > 4.43 cm, y SFD > 5.65 cm

lo que aumenta la carga en los discos lumbares. En un estudio experimental biomecánico con modelo de laboratorio, la fusión L4-S1 indujo mayores momentos y una mayor flexión de los segmentos proximales para lograr una postura sentada comparable. La preservación del movimiento utilizando una prótesis de reemplazo total de articulación en L4-S1 restauró las cargas de la columna lumbar y el movimiento del segmento proximal a niveles de muestra intactos durante la transición de pie a sentado.<sup>15</sup>

En contraste, existe cierta frecuencia de segmento adyacente inferior (o distal, L5-S1) cuando se evita la fusión a sacro. Para los pacientes con desequilibrio sagital e hipolordosis lumbar, L5-S1 debe incluirse en la fusión incluso si el disco L5-S1 fuese una degeneración mínima.<sup>16</sup> El segmento adyacente inferior después de evitar la fusión a sacro durante instrumentaciones largas, se asoció con una pérdida significativa de la alineación sagital y mayor probabilidad o necesidad definitiva de otra operación; además, con frecuencia resulta en un balance sagital positivo significativo.<sup>7,17,18</sup>

Así como la pérdida de lordosis después de la cirugía de instrumentación espinal es un factor de riesgo significativo para la degeneración discal en los segmentos adyacentes no fusionados.<sup>19</sup> Por lo que resultados óptimos en el balance sagital postoperatorio pudieran evitar esta complicación. Los pacientes con buen equilibrio sagital preoperatorio, lordosis lumbar preservada, buena corrección de la curva fraccional postoperatoria y preservación de la altura del disco L5-S1 tienen más probabilidades de beneficiarse de la fusión posterior a L5, evitando la fusión sacra, para la escoliosis adulta.<sup>20</sup>

Entonces, para la selección de pacientes que se beneficiarían de evitar la fusión sacra, además de conservar adecuada altura del disco L5-S1, existen predictores radiográficos preoperatorios.  $PI < 48.5^\circ$ ,  $SVA > 4.43$  cm y distancia sacro-femoral (SFD)  $> 5.65$  cm fueron predictores preoperatorios para la posterior degeneración del disco L5-S1. Se debe prestar más atención para prevenir la degeneración L5-S1 cuando existen estos predictores preoperatorios, especialmente con dos o más.<sup>21</sup>

En caso de realizar una fusión dinámica posterior con cajas intersomáticas con cajas rectangulares, la lordosis lumbar y la lordosis segmentaria de los segmentos fusionados disminuyen; el equilibrio sagital se mantiene mediante *cambios compensatorios de la inclinación sacra*. Las cajas en forma de cuña aumentan significativamente la lordosis segmentaria, mejoran la lordosis lumbar y, por lo tanto, deben ser

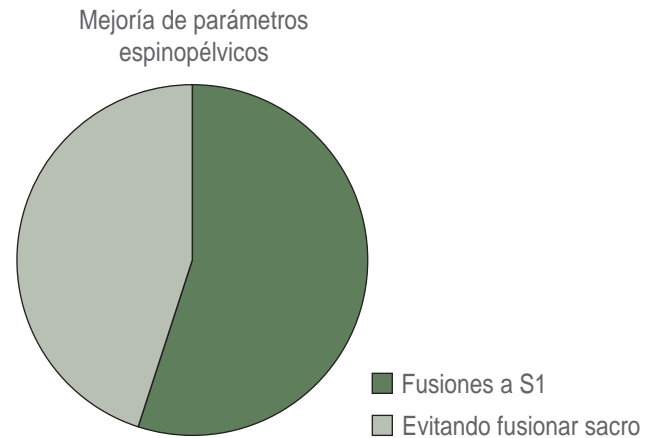


Figura 4: Relación de mejoría de parámetros espinopélvicos.

preferidas para restaurar la alineación sagital en procedimientos instrumentados de fusión intersomática lumbar posterior.<sup>22</sup>

Los resultados y recomendaciones que existen para casos especiales difieren, dependiendo de la patología de base. Así, Huang y colaboradores, en pacientes con cifosis toracolumbar relacionada a espondilitis anquilosante sometidos a osteotomía de sustracción pedicular de un solo nivel (PSO, por sus siglas en inglés), compararon los resultados obtenidos con fusiones seleccionando la vértebra instrumentada más distal (LIV, por sus siglas en inglés) en S1 versus encima de S1. Tanto en el grupo S1 como en el no S1, los parámetros radiográficos y los resultados clínicos mejoraron significativamente después de la cirugía ( $p < 0.05$ ). No se encontraron diferencias significativas entre los dos grupos con respecto a la incidencia de complicaciones, al ODI preoperatorio y al final del seguimiento, su mejora y la EVA y su mejora ( $p > 0.05$ ). La selección de S1 como LIV sin fijación pélvica después de la PSO de un nivel en la cifosis toracolumbar causada por la espondilitis anquilosante podría lograr resultados quirúrgicos satisfactorios y podría no aumentar las complicaciones; por lo que la recomiendan en casos de desequilibrio sagital severo.<sup>23</sup>

En el caso de distrofia muscular de Duchenne, las ventajas de una menor pérdida de sangre y tiempo quirúrgico sin necesidad de fijación pélvica parecen inclinar el veredicto a favor del sistema de tornillo pedicular;<sup>6</sup> hay condiciones particulares en que no es necesario fijar la pelvis en la cirugía.<sup>8</sup> La instrumentación segmentaria de tornillo pedicular y la fusión a L5 es efectiva y segura en pacientes con escoliosis

secundaria a DMD sin oblicuidad pélvica significativa inicialmente y a largo plazo, obviando la necesidad de fijación al sacro/pelvis.<sup>24</sup>

Un factor de riesgo en controversia para segmento adyacente inferior al evitar la fusión a sacro parece ser la edad mayor o menor a 50 años. Sin embargo, parecen existir diferencias entre instrumentaciones largas o cortas respecto al segmento adyacente. Taneichi y colaboradores concluyen que, durante instrumentaciones largas, aunque la fusión a L5 se realizó en pacientes seleccionados con discapacidad menos grave (mejor ODI) y deformidad menos compleja (tipo N), 50% de los casos requirieron fusión adicional a la pelvis. La toma de decisiones para detener la fusión prolongada en L5 para pacientes con deformidad espinal  $\geq 50$  años de edad debe hacerse con consideraciones cuidadosas.<sup>25</sup>

En cambio, durante instrumentaciones cortas, Maragkos y asociados encontraron que la edad avanzada se asoció con menor incidencia de segmento adyacente (OR = 0.95,  $p = 0.011$ ) y concluyen que al considerar la fusión posterior L4-L5, los cirujanos deben abstenerse de procedimientos profilácticos en el nivel L5-S1, sin indicaciones clínicas, porque la incidencia de segmento adyacente en ese segmento es tranquilizadamente baja.<sup>26</sup>

Otro factor importante para segmento adyacente relacionado pudiera radicar en la degeneración discal L5-S1 preexistente. Sin embargo, Choi y colegas, durante un análisis de seguimiento a siete años de 58 pacientes con espondilolistesis L4-L5 a quienes se les practicó fusión L4-L5, 22 de los cuales con degeneración discal L5-S1 preexistente y 36 sin degeneración L5-S1 preexistente, encontraron que no hubo diferencias estadísticamente significativas de segmento adyacente inferior. Y concluyen que la degeneración discal L5-S1 preexistente no afecta los resultados clínicos y radiográficos después de la fusión aislada de L4-L5.<sup>27</sup>

Respecto a las fusiones lumbares cortas, durante las fusiones de L4-L5, Ghiselli y su equipo concluyeron que no parece haber necesidad de incluir rutinariamente el segmento L5-S1 cuando se realiza una fusión lumbar posterior para pacientes con inestabilidad o estenosis en L4-L5, si no se atribuyen síntomas al nivel lumbosacro. A un promedio de 7.3 años, no hubo aumento de la degeneración sintomática del disco ni síntomas que tuvieran la necesidad de una fusión L5-S1.<sup>28</sup>

Así también, Lawton y colaboradores mencionan que, a pesar de las diferencias en la biomecánica y los

desafíos anatómicos únicos en el interespacio L5-S1, no hay diferencias en los resultados autoinformados para los pacientes tratados con fusión intersomática lumbar transforaminal mínimamente invasiva en el nivel L4-L5 en comparación con el nivel L5-S1.<sup>29</sup>

La selección del nivel de fusión distal hasta L5 (evitando fusión a sacro) no parece retener suficiente influencia espinal para afectar sustancialmente la función postoperatoria.<sup>30</sup>

## CONCLUSIÓN

El encontrar un segmento L5-S1 sano e íntegro proporciona ventajas biomecánicas y quirúrgicas que ayudan a contribuir a mejores resultados y menores complicaciones en fusiones toracolumbar y lumbar corta. Se recomienda seleccionar adecuadamente a los pacientes a quienes se planea evitar la fusión L5-S1, especialmente durante fusiones largas, y esforzarse por obtener óptimos resultados postoperatorios en parámetros espinopélvicos y buena corrección de la curva fraccional postoperatoria. Las características de selección incluyen: preservación de altura del disco L5-S1, buen equilibrio sagital, lordosis lumbar preservada,  $IP > 48.5^\circ$ ,  $SVA < 4.43$  cm y  $SFD < 5.65$  cm.

## REFERENCIAS

1. Acevedo JC, Pérez Rodríguez JC. Nuevo concepto de unidad funcional lumbo-sacro-coccígea-pélvica. Bases teóricas y repercusión en el análisis clínico y terapéutico de los pacientes con dolor lumbar. *Revista de la Sociedad Española del Dolor*. 2016; 23: 260-268.
2. Lomelí-Rivas A, Larrinúa-Betancourt JE. Biomechanics of the lumbar spine: a clinical approach. *Acta Ortop Mex*. 2019; 33: 185-191.
3. Neyra HIT, Marrero EEF, Sáez HT, Seife RM. Influencia del balance sagital sobre los cambios degenerativos de la columna vertebral (I). *Revista Cubana de Ortopedia y Traumatología*. 2020; 34.
4. Wang S, Zhou Q, Xu L, Wang M, Qiu Y, Zhu Z, et al. Impact of lumbar fusion on sitting spinopelvic balance: Multisegmental versus monosegmental. *Clin Neurol Neurosurg*. 2021; 209: 106905.
5. Ruosi C, Liccardo S, Granata F, Barbato A, Lupoli S, M. D'Anna. XXXV Italian Spine Society National Congress Ergife Palace Hotel, Rome, Italy May, 17<sup>th</sup>-19<sup>th</sup> 2012. *European Spine Journal*. 2012; 21: 754-816.
6. Arun R, Srinivas S, Mehdian SMH. Scoliosis in Duchenne's muscular dystrophy: a changing trend in surgical management. *European Spine Journal*. 2009; 19: 376-383.
7. Edwards CC 2nd, Bridwell KH, Patel A, Rinella AS, Berra A, Lenke LG. Long adult deformity fusions to L5

- and the sacrum. A matched cohort analysis. *Spine (Phila Pa 1976)*. 2004; 29: 1996-2005.
8. Cervellati S, Palmisani M, Dema E. Surgical treatment of vertebral deformities in duchenne muscular dystrophy; it is always necessary to fix the pelvis? *Eur Spine J*. 2016; 25: 1300-1346.
  9. Zaborovskii N, Ptashnikov D, Mikhaylov D, Smekalenkov O, Masevnin S, Lapaeva O, et al. Spinal deformity in elderly patients: comparison of two distal termination sites of lumbar curve fusion. *Eur J Orthop Surg Traumatol*. 2017; 27: 73-78.
  10. Swamy G, Berven SH, Bradford DS. The selection of L5 versus S1 in long fusions for adult idiopathic scoliosis. *Neurosurg Clin N Am*. 2007; 18: 281-288.
  11. Bridwell KH, Edwards CC 2nd, Lenke LG. The pros and cons to saving the L5-S1 motion segment in a long scoliosis fusion construct. *Spine (Phila Pa 1976)*. 2003; 28: S234-242.
  12. Sardar ZM, Ouellet JA, Fischer DJ, Skelly AC. Outcomes in adult scoliosis patients who undergo spinal fusion stopping at L5 compared with extension to the sacrum. *Evid Based Spine Care J*. 2013; 4: 96-104.
  13. Jia F, Wang G, Liu X, Li T, Sun J. Comparison of long fusion terminating at L5 versus the sacrum in treating adult spinal deformity: a meta-analysis. *Eur Spine J*. 2020; 29: 24-35.
  14. Untch C, Liu Q, Hart R. Segmental motion adjacent to an instrumented lumbar fusion: the effect of extension of fusion to the sacrum. *Spine (Phila Pa 1976)*. 2004; 29: 2376-2381.
  15. Patwardhan AG, Sielatycki JA, Havey RM, Humphreys SC, Hodges SD, Blank KR, et al. Loading of the lumbar spine during transition from standing to sitting: effect of fusion versus motion preservation at L4-L5 and L5-S1. *Spine J*. 2021; 21: 708-719.
  16. Cho K-J, Suk S-I, Park S-R, Kim J-H, Choi S-W, Yoon Y-H, et al. Arthrodesis to L5 versus S1 in long instrumentation and fusion for degenerative lumbar scoliosis. *Eur Spine J*. 2009; 18: 531-537.
  17. Edwards CC 2nd, Bridwell KH, Patel A, Rinella AS, Jung Kim Y, Berra ABA, et al. Thoracolumbar deformity arthrodesis to L5 in adults: the fate of the L5-S1 disc. *Spine (Phila Pa 1976)*. 2003; 28: 2122-2131.
  18. Kuhns CA, Bridwell KH, Lenke LG, Amor C, Lehman RA, Buchowski JM, et al. Thoracolumbar deformity arthrodesis stopping at L5: Fate of the L5-S1 disc, minimum 5-year follow-up. *Spine (Phila Pa 1976)*. 2007; 32: 2771-2776.
  19. Izumi Y, Kumano K. Analysis of sagittal lumbar alignment before and after posterior instrumentation: risk factor for adjacent unfused segment. *Eur J Orthop Surg Traumatol*. 2001; 11: 9-13.
  20. Brown KM, Ludwig SC, Gelb DE. Radiographic predictors of outcome after long fusion to L5 in adult scoliosis. *J Spinal Disord Tech*. 2004; 17: 358-366.
  21. Yan C, Gao X, Sun Y, Dong Z, Shen Y. The preoperative predictors for subsequent degeneration in L5-S1 disc after long fusion arthrodesis terminating at L5 in patients with adult scoliosis: focus on spinopelvic parameters. *J Orthop Surg Res*. 2018; 13: 285.
  22. Godde S, Fritsch E, Dienst M, Kohn D. Influence of cage geometry on sagittal alignment in instrumented posterior lumbar interbody fusion. *Spine (Phila Pa 1976)*. 2003; 28: 1693-1699.
  23. Huang J-C, Diao W-Y, Qian B-P, Wang B, Yu Y, Qiao M, et al. Can fusion to S1 maintain favorable surgical outcomes following one-level pedicle subtraction osteotomy in patients with thoracolumbar kyphosis secondary to ankylosing spondylitis? *Eur Spine J*. 2020; 29: 3028-3037.
  24. Takaso M, Nakazawa T, Imura T, Okada T, Ueno M, Fukushima K, et al. Segmental pedicle screws instrumentation and fusion to L5 for spinal deformity secondary to Duchenne muscular dystrophy: results with a minimum of 2 years follow-up. *Eur J Orthop Surg Traumatol*. 2010; 20: 453-461.
  25. Taneichi H, Inami S, Moridaira H, Takeuchi D, Sorimachi T, Ueda H, et al. Can we stop the long fusion at L5 for selected adult spinal deformity patients with less severe disability and less complex deformity? *Clin Neurol Neurosurg*. 2020; 194: 105917.
  26. Maragos GA, Atesok K, Papavassiliou E. Prognostic factors for adjacent segment disease after L4-L5 lumbar fusion. *Neurosurgery*. 2020; 86: 835-842.
  27. Choi K-C, Shim H-K, Kim J-S, Lee S-H. Does pre-existing L5-S1 degeneration affect outcomes after isolated L4-5 fusion for spondylolisthesis? *J Orthop Surg Res*. 2015; 10: 39.
  28. Ghiselli G, Wang JC, Hsu WK, Dawson EG. L5-S1 segment survivorship and clinical outcome analysis after L4-L5 isolated fusion. *Spine (Phila Pa 1976)*. 2003; 28: 1275-1280; discussion 1280.
  29. Lawton CD, Smith ZA, Nixon AT, Dahdaleh NS, Wong AP, Khanna R, et al. The effect of surgical level on self-reported clinical outcomes after minimally invasive transforaminal lumbar interbody fusion: L4-L5 versus L5-S1. *World Neurosurg*. 2014; 81: 177-182.
  30. Daniels AH, Koller H, Hiratzka SL, Mayer M, Meier O, Contag AG, et al. Selecting caudal fusion levels: 2 year functional and stiffness outcomes with matched pairs analysis in multilevel fusion to L5 versus S1. *Eur Spine J*. 2017; 26: 1645-1651.

**Conflicto de intereses:** ninguno.





Julio-Septiembre 2023  
Vol. 1, núm. 3 / pp. 168-173

Recibido: 28 de Abril de 2023  
Aceptado: 01 de Mayo de 2023

doi: 10.35366/112800

# Fractura de Jefferson y trauma subaxial de columna cervical, resolución quirúrgica, abordaje 360°; C1 tornillos a masas laterales y corpectomía C7: reporte de un caso

*Jefferson's fracture and subaxial cervical spine trauma, surgical resolution, 360° approach; C1 screws to lateral masses and C7 corpectomy: case report*

Magdiel Adán Cruz Guzmán,\* Ricardo Erik Robles Ortiz,†  
Alejandro Fabián Rodríguez Messina,‡ José Francisco Sánchez Sánchez,¶  
José Miguel Martínez Betanzos¶

## Palabras clave:

fractura, atlas, masas, fusión.

## Keywords:

fracture, atlas, masses, fusion.

## RESUMEN

**Introducción:** las lesiones de la columna cervical superior comprenden < 25% de las patologías traumáticas de la columna, siendo las fracturas del atlas una lesión poco frecuente (3-10%). Existen múltiples técnicas para su manejo; sin embargo, limitan significativamente el rango de movilidad y suponen un reto para el cirujano. Es importante individualizar a cada paciente teniendo en cuenta su edad y función neurológica. En nuestro caso se decidió realizar un abordaje poco frecuente mediante fijación con tornillos a masas laterales de C1 con barra transversal lo que permitió mejores desempeños. **Presentación de caso:** masculino de 33 años que presenta fractura de C1 y C7 posterior a un accidente vehicular. Acudió al departamento de Cirugía de Columna 16 días posteriores al accidente, con presencia de alteración neurológica en extremidad torácica derecha. Se decidió realizar un abordaje 360° mediante la estabilización posterior con tornillos en masas laterales de C1 y barra transversal, laminectomía de C7 estabilización a masas laterales C6-C7 y transpedicular T1 posterior abordaje anterior y corpectomía C7. **Conclusiones:** la técnica quirúrgica realizada para la fractura del atlas tiene como objetivo principal preservar un mayor rango de movilidad en comparación de las técnicas estándar (fijación C0-C2 y C1-C2), disminuyendo el porcentaje de morbilidad.

## ABSTRACT

**Introduction:** upper cervical spine injuries comprise < 25% of traumatic spine pathologies, with fractures of the atlas being a rare injury (3-10%). There are multiple techniques for their management; however, they significantly limit the range of mobility and present a challenge for the surgeon. It is important to individualize each patient considering their age and neurological function. In our case it was decided to perform a rare approach by means of screw fixation to lateral masses of C1 with

\* Médico Traumatólogo y Ortopedista, residente de Cirugía de Columna Vertebral.

† Médico Traumatólogo y Ortopedista, Cirujano de Columna, Profesor titular del Curso de Cirugía de Columna Vertebral.

‡ Médico Traumatólogo y Ortopedista, Cirujano de Columna, Profesor adjunto del Curso de Cirugía de Columna Vertebral.

¶ Residente de Cirugía de Columna Vertebral.

## Correspondencia:

Dr. Magdiel Adán Cruz Guzmán

E-mail: magdiel\_adan@hotmail.com

**Citar como:** Cruz GMA, Robles ORE, Rodríguez MAF, Sánchez SJF, Martínez BJM. Fractura de Jefferson y trauma subaxial de columna cervical, resolución quirúrgica, abordaje 360°; C1 tornillos a masas laterales y corpectomía C7: reporte de un caso. Cir Columna. 2023; 1 (3): 168-173. <https://dx.doi.org/10.35366/112800>





transverse bar allowing better results. **Case presentation:** 33-year-old male presenting fracture of C1 and C7 after a vehicular accident. He came to the Spine Surgery Department 16 days after the accident, with presence of neurological alteration in the right thoracic extremity. It was decided to perform a 360° approach by posterior stabilization with screws in lateral masses of C1 and transverse bar, laminectomy of C7 stabilization to lateral masses C6-C7 and transpedicular T1 posterior anterior approach and C7 corpectomy. **Conclusion:** the surgical technique performed for atlas fracture aims mainly at preserving a greater range of mobility compared to standard techniques (C0-C2 and C1-C2 fixation) decreasing the morbidity rate.

## INTRODUCCIÓN

Las fracturas del atlas representan de 1 a 3% de las lesiones axiales de la columna cervical resultado de una compresión axial.<sup>1,2</sup> En 66% se encuentran fracturas asociadas, mientras que la combinación de fractura del atlas junto con C2 reporta de 40 a 44% de los casos.<sup>1</sup> El sexo que se encuentra más afectado es el masculino, siendo los accidentes vehiculares y los traumatismos de alta energía las causas más frecuentes de lesión en pacientes jóvenes; por el lado contrario, en pacientes adultos mayores, el mecanismo de lesión son traumatismos de baja energía.<sup>1</sup>

Las fracturas de C1 presentan un reto para su diagnóstico inicial, ya que en las radiografías iniciales suelen pasar desapercibidas por el observador. La sintomatología del paciente con fractura del atlas es el dolor cervical y movimientos limitados,<sup>1,3</sup> pueden no presentar síntomas de lesión neurológica,<sup>3</sup> por lo que puede dificultar aún más el diagnóstico.

Dentro de la clasificación de la AO las lesiones de tipo A son lesiones óseas estables. Generalmente requieren tratamiento conservador. Las lesiones de tipo B implican una lesión ósea o ligamentosa sin traslación del cuerpo vertebral. Puede estar acompañado de lesiones ligamentarias y ser estables o inestables, pueden requerir tratamiento quirúrgico. Las lesiones de tipo C implican una lesión ligamentosa u ósea que provoca la traslación, estas lesiones son inestables y con frecuencia requieren estabilización quirúrgica.<sup>3</sup> La integridad del ligamento transversal puede determinar si la fractura es estable o inestable, pudiendo tomarlo como referencia para decidir un tratamiento quirúrgico.<sup>4</sup> El desplazamiento mayor a 7 mm es un indicador de lesión de ligamento transversal.<sup>5,6</sup>

Dentro de las opciones quirúrgicas para este tipo de fractura se encuentra la fusión de C0-C2 y la fusión C1-C2; sin embargo, este tipo de tratamientos limitan la movilidad de la columna cervical aproximadamente 52° de flexión y extensión y 38.9° de rotaciones.<sup>2,4</sup>

## PRESENTACIÓN DEL CASO

Se presenta el caso de un paciente masculino de 33 años de edad, sin comorbilidades, que acude al servicio de urgencias por presentar cervicalgia de dos semanas de evolución posterior a un accidente en motocicleta. Las radiografías iniciales tomadas en el hospital de primera atención no fueron valorables para diagnóstico; se toman radiografías y tomografía axial computarizada (TAC) de columna cervical (*Figuras 1 a 3*), diagnosticando fractura de C1 y C7 donde se observa fractura por compresión de C7 AO B2 y C1 con fractura de arco anterior y posterior izquierdo con desplazamiento coronal > 7 mm de la masa lateral izquierda. En la resonancia magnética T2 axial, se observa lesión del ligamento transversal. En resonancia magnética simple se observa fractura de cuerpo vertebral de C7, con compromiso de conducto raquídeo y lesión de las estructuras posteriores (*Figura 4*). Se realizó tratamiento quirúrgico consistente en abordaje cervical posterior, colocación de tornillos poliaxiales a masas laterales y reducción en C1 con barra moldeada transversal, instrumentación a masas laterales de C6 C7 transpedicular T1, laminectomía C7, abordaje cervical anterior corpectomía C7, colocación de malla con injerto óseo autólogo y placa cervical anterior (*Figuras 5 y 6*). La cirugía fue realizada en posición prono con estabilización de la cabeza. Se realizó una incisión media, los músculos paravertebrales fueron retraídos para exponer el arco posterior de C1 y apófisis espinosas de C6 C7 T1. La raíz nerviosa y arteria vertebral fueron identificadas y protegidas para evitar alguna lesión. Durante la disección, se localiza el plexo venoso de C1 C2, realizando hemostasia mediante compresión presentando sangrado considerable que; sin embargo, fue controlado. La unión del arco posterior con la masa lateral se identificó fácilmente por el trazo de fractura, pudiendo identificar y delimitar la masa lateral. El punto de entrada se localizó 3 mm lateral al término del arco posterior. Se insertaron bilateralmente dos tornillos poliaxiales número 4.0 × 22 mm con una angulación medial de 20° y superior de 30°. La fractura se redujo



**Figura 1:** Radiografía lateral de columna cervical. Se observa fractura por compresión de C7, es difícil distinguir la fractura de atlas.

a visión directa, aproximando los tornillos y fijándolos con una barra moldeada bajo control fluoroscópico. Posteriormente se realiza instrumentación a masas laterales de C6 C7 y transpedicular en T1, laminectomía de C7 y colocación de dos barras moldeadas, la herida se cierra por planos y se coloca al paciente en decúbito supino; se realiza abordaje cervical anterior izquierdo, corpectomía de C7 y colocación de placa cervical anterior, se sutura por planos con colocación de drenaje, el cual se retira a las 48 horas. El tiempo de cirugía fue de 3:50 horas con sangrado de 1,000 cm<sup>3</sup>. El paciente fue extubado sin complicaciones y ningún déficit neurológico. Se da de alta a las 72 horas postquirúrgicas con uso de collarín tipo Aspen por seis semanas.

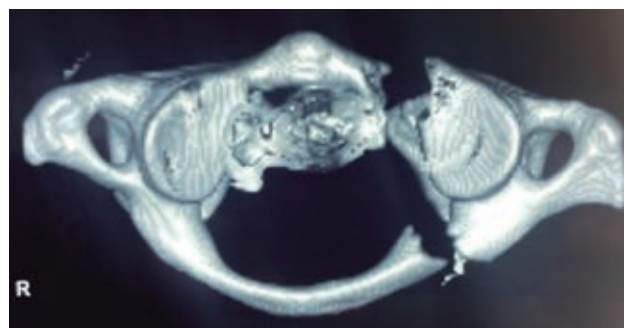
### DISCUSIÓN

El objetivo del tratamiento quirúrgico es la adecuada reducción y estabilización. La colocación de tornillos en masas laterales de C1 es una técnica descrita por varios autores junto a la fusión de C2; sin embargo, la colocación de tornillos junto con barra transversa se encuentra poco reportada. Durante la disección y la limitación de los bordes de las masas laterales para la colocación de tornillos existe el riesgo de hemorragia

por el plexo venoso C1 C2; sin embargo, se pueden controlar con hemostáticos, uso de bipolar y colocación de cotonoides.<sup>7-9</sup> Se reporta que una lesión en este seno venoso puede existir una pérdida sanguínea de hasta 1,000 cc.<sup>10</sup> Yang K y colaboradores reportan 10 pacientes operados con tornillos a masas laterales y colocación de placa transversa ajustable, presentando 100% de consolidación ósea sin lesiones vasculares ni nerviosas.<sup>11</sup>



**Figura 2:** Tomografía de columna cervical. Se distingue compresión de 30% de C7 con invasión a conducto medular, también es posible identificar lesión de apófisis espinosas y arco anterior de C1.



**Figura 3:** Reconstrucción axial de atlas, fractura de arco anterior y arco posterior, con desplazamiento de masa lateral izquierda.

La fusión atlantoaxial o fusión occipitocervical es un método quirúrgico tradicional para el tratamiento de fracturas de atlas inestables. Sin embargo, la calidad de vida de los pacientes puede verse seriamente afectada por la pérdida de la movilidad de la columna cervical superior y la degeneración acelerada de los segmentos adyacentes.<sup>2,4,11</sup>

Se ha propuesto un abordaje transoral para la fijación de C1 y evitar la fusión occipitocervical o atlantoaxial, pero cuenta con mayor riesgo de infección.

Goel y asociados describen por primera vez la introducción de tornillos a masas laterales, en 1994, seccionando el ganglio inferior de C2.<sup>8</sup> Harms y colegas respetan el ganglio dorsal de C2, el cual retrae hacia caudal, de esta forma se expone el punto de entrada para el tornillo de C1 a la masa lateral.<sup>9</sup>

En nuestro caso utilizamos tornillos unicorticales poliaxiales. Sin embargo, Gumpert R y su grupo reportan el uso de tornillos monoaxiales con angulación neutra y 10 grados cefálicos con barra transversa, presentando adecuada evolución y consolidación ósea.<sup>6</sup> El punto de entrada de la colocación del tornillo también puede variar. Liawrungrueang W y su equipo proponen un punto de referencia para la colocación del tornillo de forma segura, tomando como punto la intersección entre la masa lateral y el borde inferomedial del arco posterior, introduciendo el tornillo 3 mm lateral al punto de referencia con una angulación de 0 a 15 grados.<sup>12</sup>

Farrokhi MR y colaboradores informan un caso de una fractura de C1 de masa lateral, operado por falta de consolidación al indicar tratamiento conservador, colocando un solo tornillo en el sitio de la fractura para

la reducción de la misma en una angulación de 10 grados medial y 22 cefálico, logrando la consolidación y manteniendo los arcos de movilidad de la columna cervical en comparación de fusión occipitocervical.<sup>13</sup>

Butt BB y colegas realizan un estudio anatómico para la colocación de tornillos a masas laterales, recomiendan la posición ideal para la colocación de los tornillos; 4 mm por debajo de la superficie articular superior de C1 con una angulación de 15 grados medial y 20 grados cefálico con una medida promedio de los tornillos de 22 mm.<sup>7</sup>

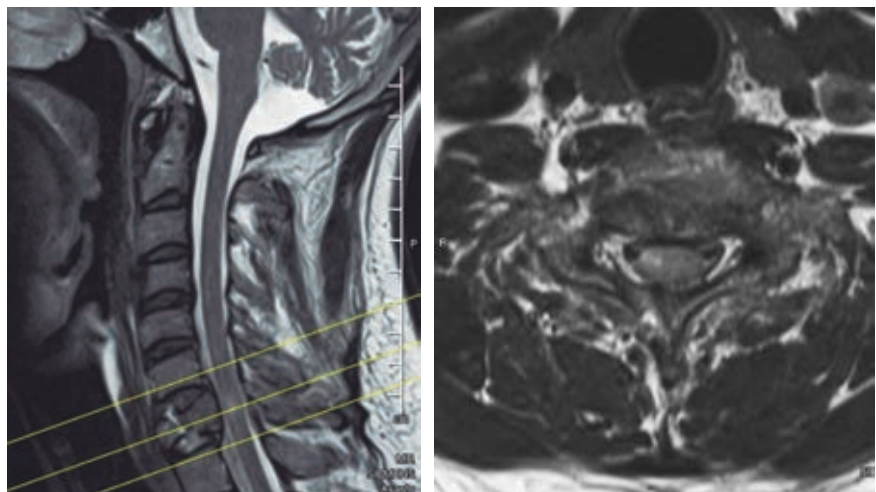
Abeloos L y asociados reportan el caso de un paciente con fractura de atlas tratado inicialmente con halo chaleco por tres meses; sin embargo, por falta de consolidación se decide tratamiento quirúrgico consistente en instrumentación a masas laterales con tornillos poliaxiales unidos a una barra con una angulación medial de 20 grados y cefálica de 20 grados, mostrando buena evolución.<sup>14</sup> Esta técnica se asemeja al caso que nosotros presentamos usando tornillos poliaxiales y angulación de los mismos. Shenglin Wang recomienda una angulación de 14.6 a 45 grados y angulación cefálica de 20 a 22.9 grados basado en 331 casos, reportando buena evolución con 100% de consolidación.<sup>15</sup>

En nuestro paciente utilizamos tornillos unicorticales, ya que existe el riesgo de lesión a estructuras neurovasculares como son la carótida interna y el nervio hipogloso. En pacientes que presentan osteoporosis se recomienda la colocación de tornillos bicorticales con los riesgos que esto representa.<sup>16</sup>

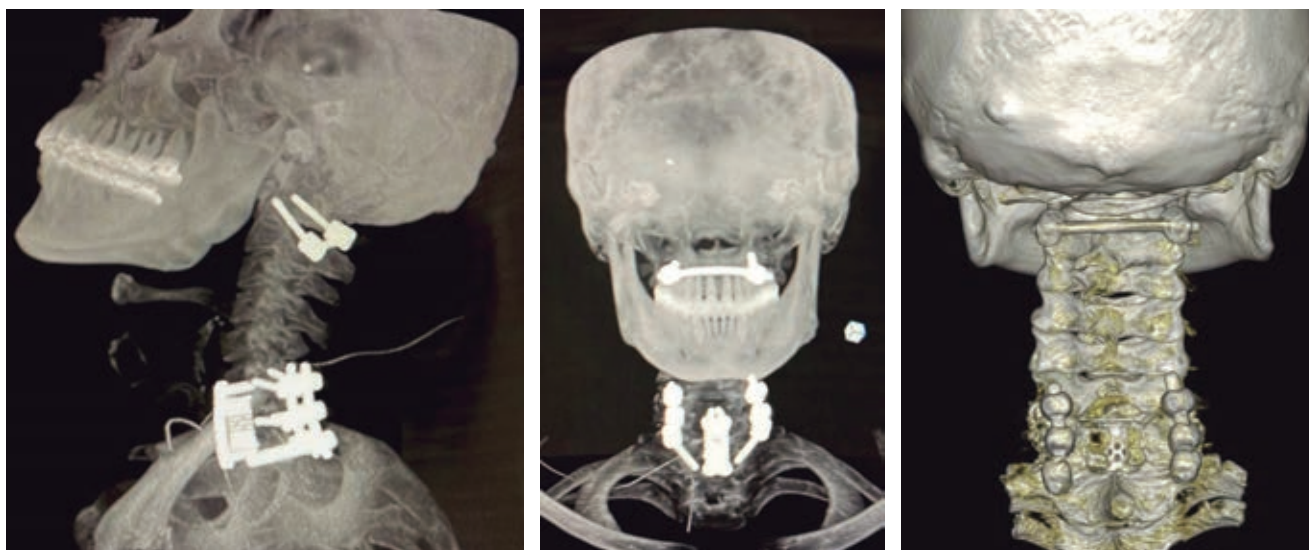
Daniele Starnoni y su grupo realizan una reducción posterior y una fijación interna en forma de abrazadera

**Figura 4:**

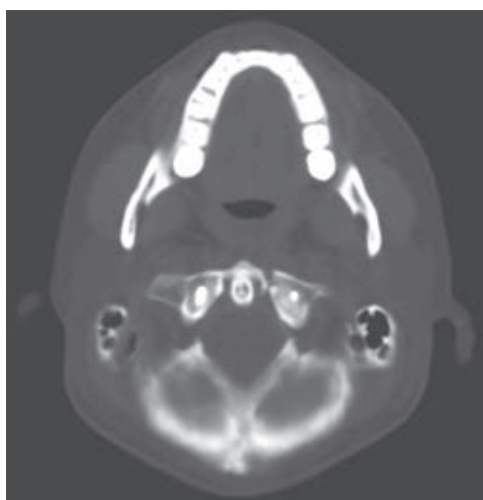
Resonancia magnética en secuencia T2. Se observa fractura de C7 con compromiso de estructuras posteriores.







**Figura 5:** Reconstrucción sagital y coronal observando abordaje 360° con laminectomía de C7, corpectomía C7, colocación de tornillos a masas laterales de C1 y barra transversa.



**Figura 6:** Proyección axial de tomografía observando adecuada reducción de la fractura.

en C mediante la colocación de tornillos a masa lateral de C1 y compresión posterior sin afectar la articulación C1-2. Utilizando sistema de navegación, se realizó la introducción de los tornillos, después se conectaron a una varilla y se aplicó compresión antes de apretar. Reporta buena evolución con mejoría de dolor y preservación de la movilidad.<sup>17</sup>

Recomendamos el correcto abordaje del paciente a tratar, verificando la integridad del ligamento transver-

so mediante estudios de imagen y determinar el tipo de fractura; esto es crucial para definir el tratamiento a seguir. Maxime Llleu y colaboradores, en su estudio de 63 pacientes con fractura de C1, reportan que 84.2% de los pacientes tratados conservadoramente presentan consolidación de la fractura de C1, mientras que 100% de consolidación corresponden a los tratados quirúrgicamente.<sup>18</sup>

### CONCLUSIÓN

Para las fracturas inestables del atlas, describimos esta técnica realizada en nuestro paciente que consiste en un abordaje posterior y estabilización a masas laterales de C1 junto con una barra transversa, presentando una adecuada reducción del trazo de fractura. Esta técnica empleada al no fusionar segmentos como la fijación C0-C2 o C1-C2 permite conservar los rangos de movilidad, necesarios para la calidad de vida del paciente. Diferentes estudios respaldan esta técnica, reportando altas tasas de consolidación con baja tasa de morbilidad; sin embargo, requiere conocer ampliamente la anatomía de la zona, identificar el punto correcto de la entrada de los tornillos junto con la trayectoria de los mismos, por lo que este método podría usarse con seguridad en casos similares con suficiente experiencia y habilidad.

Al realizar esta técnica, recomendamos la adecuada posición del paciente, estudios de imagen transoperatorios, buena exposición del punto de en-

trada y prestar atención al plexo venoso al colocar los tornillos, ya que, como muchos autores señalan, una lesión del mismo puede ser problemático y frustrante para el cirujano.

## REFERENCIAS

- Fiedler N, Spiegl UJA, Jarvers JS, Josten C, Heyde CE, Osterhoff G. Epidemiology and management of atlas fractures. *Eur Spine J*. 2020; 29: 2477-2483. doi: 10.1007/s00586-020-06317-7.
- Kumar A, Onggo J, Fon LH, Oh J. Direct fixation of C1 Jefferson fracture using C1 lateral mass screws: a case report. *Int J Spine Surg*. 2019; 13: 345-349. doi: 10.14444/6047.
- Vaccaro AR, Lambrechts MJ, Karamian BA, Canseco JA, Oner C, Benneker LM, et al. Global validation of the AO Spine upper cervical injury classification. *Spine (Phila Pa 1976)*. 2022; 47: 1541-1548. doi: 10.1097/BRS.0000000000004429.
- Ylonen H, Danner N, Jyrkkanen HK, Kamarainen OP, Leinonen V, Huttunen J. Surgically Treated C1 Fractures: A Population-Based Study. *World Neurosurg*. 2021; 154: e333-e342. doi: 10.1016/j.wneu.2021.07.046.
- Liao S, Jung MK, Hornig L, Grütznier PA, Kreinest M. Injuries of the upper cervical spine-how can instability be identified? *Int Orthop*. 2020; 44: 1239-1253. doi: 10.1007/s00264-020-04593-y.
- Gumpert R, Poglitsch T, Krassnig R, Pranzl R, Puchwein P. Reduction and ring fixation of instable C1 fractures with monoaxial pedicle screws. *Arch Orthop Trauma Surg*. 2017; 137: 1253-1259. doi: 10.1007/s00402-017-2737-4.
- Butt BB, Gagnet P, Piche J, Patel R, Park P, Aleem IS. Lateral mass screw placement in the atlas: description of a novel surgical technique, radiographic parameters, and review of the literature. *J Spine Surg*. 2021; 7: 335-343. doi: 10.21037/jss-20-566.
- Goel A, Laheri V. Plate and screw fixation for atlanto-axial subluxation. *Acta Neurochir (Wien)*. 1994; 129: 47-53. doi: 10.1007/BF01400872.
- Harms J, Melcher RP. Posterior C1-C2 fusion with polyaxial screw and rod fixation. *Spine (Phila Pa 1976)*. 2001; 26: 2467-2471. doi: 10.1097/00007632-200111150-00014.
- Pan J, Li L, Qian L, Tan J, Sun G, Li X. C1 lateral mass screw insertion with protection of C1-C2 venous sinus: technical note and review of the literature. *Spine (Phila Pa 1976)*. 2010; 35: E1133-1136. doi: 10.1097/BRS.0b013e3181e215ff.
- Yang K, Niu HG, Tao H, Liu C, Cao Y, Li W, et al. Posterior osteosynthesis with a new self-designed lateral mass screw-plate system for unstable atlas burst fractures. *BMC Musculoskelet Disord*. 2023; 24: 108. doi: 10.1186/s12891-023-06209-z.
- Liawrungrueang W, Riew KD, Sugandhavesa N, Bunmaprasert T. Atlas (C1) lateral mass screw placement using the intersection between lateral mass and inferomedial edge of the posterior arch: a cadaveric study. *Eur Spine J*. 2022; 31: 3443-3451. doi: 10.1007/s00586-022-07385-7.
- Farrokhi MR, Kiani A, Rezaei H. Unilateral lag screw fixation of isolated non-union atlas lateral mass fracture: a new technical note. *Br J Neurosurg*. 2019; 33: 140-144. doi: 10.1080/02688697.2018.1426727.
- Abeloos L, De Witte O, Walsdorff M, Delpierre I, Bruneau M. Posterior osteosynthesis of the atlas for nonconsolidated Jefferson fractures: a new surgical technique. *Spine (Phila Pa 1976)*. 2011; 36: E1360-1363. doi: 10.1097/BRS.0b013e318206cf63.
- Wang S, Wang C, Wood KB, Yan M, Zhou H. Radiographic evaluation of the technique for C1 lateral mass and C2 pedicle screw fixation in three hundred nineteen cases. *Spine (Phila Pa 1976)*. 2011; 36: 3-8. doi: 10.1097/BRS.0b013e3181c97dc7.
- Ma XY, Yin QS, Wu ZH, Xia H, Liu JF, Xiang M, Zhao WD, Zhong SZ. C1 pedicle screws versus C1 lateral mass screws: comparisons of pullout strengths and biomechanical stabilities. *Spine (Phila Pa 1976)*. 2009; 34: 371-377. doi: 10.1097/BRS.0b013e318193a21b.
- Starnoni D, Ecker T, Barges-Coll J. Navigation-assisted posterior open reduction and internal fixation in a C-CLAMP fashion for an isolated C1 fracture. *J Neurol Surg B Skull Base*. 2021; 82: S61-S62. doi: 10.1055/s-0040-1701692.
- De lure F, Donthineni R, Boriani S. Outcomes of C1 and C2 posterior screw fixation for upper cervical spine fusion. *Eur Spine J*. 2009; 18: 2-6. doi: 10.1007/s00586-009-0981-1.

**Conflicto de intereses:** ninguno.





July-September 2023  
Vol. 1, no. 3 / pp. 174-179

Received: May 07, 2023  
Accepted: June 13, 2023

doi: 10.35366/112801

# Volumetric analysis in a patient with T12 burst fracture treated percutaneously with intravertebral device kyphoplasty (Spine Jack) system

*Análisis volumétrico en una paciente con fractura por aplastamiento de T12 tratada mediante cifoplastía percutánea con un dispositivo intravertebral (Spine Jack)*

Enrique González-Gallardo,\* Guy G Broc-Haro,† Juan D Del Castillo-Calcaño‡

## Keywords:

volumetry, burst fracture, Spine Jack, kyphoplasty, case report.

## Palabras clave:

volumetría, fractura por aplastamiento, Spine Jack, cifoplastía, reporte de caso.

## ABSTRACT

**Introduction:** spinal burst fractures constitute a set of injuries capable of causing a great impact in quality of life since they carry significant morbidity and mortality rates, especially in the aging population. The current treatment of this type of spinal injuries is controversial. In cases in which conservative treatment is not satisfactory, it is necessary to resort to techniques that allow the reestablishment of the spinal sagittal balance and the height of the damaged vertebral body. In the last decade, different intravertebral devices were developed that can be inserted percutaneously into the affected vertebra for subsequent bone-cement injection. We present the case of a 68-year-old woman who suffered a fall from her own height presenting direct trauma to the dorsal region, after which she presented dorsal stabbing-like pain with an intensity of 10/10 in the visual analog scale and an important limitation in her all-day living activities. A computerized tomography (CT) scan was performed, and she was diagnosed with a burst fracture of the T12 vertebral body, receiving conservative treatment without obtaining any improvement. Based on the foregoing it was decided to perform a percutaneous vertebroplasty using a Spine Jack device achieving an 8.6% increase in the vertebral body height compared to preoperative measures and a reestablishment in the vertebral body volume. At follow-up the patient reported an important decrease in dorsal pain, being able to return to her daily activities. One of the main goals of kyphoplasty is the restoration of vertebral body height and thus avoid sagittal balance alterations in patients suffering from burst fractures, however, currently there is not a routinely used method to adequately measure the vertebral body volume gained after the procedure. We propose the application of CT volumetric reconstruction to compare both pre and postoperative volumes in vertebrae suffering from burst fractures in order to determine the real scope of restoration offered by these devices both in height and volume of the involved vertebral bodies. **Conclusion:** CT vertebral body volumetric analysis is an effective method to assess the re-expansion in vertebral volume after performing a percutaneous kyphoplasty with an intravertebral device (Spine Jack).

## RESUMEN

**Introducción:** las fracturas vertebrales por aplastamiento constituyen un conjunto de lesiones capaces de causar un gran impacto en la calidad de vida, ya que conllevan importantes tasas de

**How to cite:** González-Gallardo E, Broc-Haro GG, Del Castillo-Calcaño JD. Volumetric analysis in a patient with T12 burst fracture treated percutaneously with intravertebral device kyphoplasty (Spine Jack) system. *Cir Columna*. 2023; 1 (3): 174-179. <https://dx.doi.org/10.35366/112801>



\* Neurosurgery, National Autonomous University of Mexico (UNAM), Mexico City, Mexico.

† Neurosurgery Department, Social Security Institute for State Workers (ISSSTE) "Lic. Adolfo López Mateos", Regional Hospital, Mexico City, Mexico. Neurosurgery Department, The American British Cowdray Hospital, Mexico City, Mexico.

## Correspondence:

Juan D Del Castillo-Calcaño  
E-mail: [dr.calcaño@gmail.com](mailto:dr.calcaño@gmail.com)



*morbilidad y mortalidad, especialmente en la población de edad avanzada. El tratamiento actual de este tipo de lesiones medulares es controvertido. En los casos en los que el tratamiento conservador no es satisfactorio, es necesario recurrir a técnicas que permitan restablecer el equilibrio sagital vertebral y la altura del cuerpo vertebral dañado. En la última década se han desarrollado diferentes dispositivos intravertebrales que pueden ser insertados percutáneamente en la vértebra afectada para la posterior inyección de cemento óseo. Mujer de 68 años que sufrió una caída desde su propia altura presentando traumatismo directo en la región dorsal, tras lo cual presentó dolor dorsal de tipo punzante con una intensidad de 10/10 en la escala analógica visual y una importante limitación en sus actividades de la vida diaria. Uno de los principales objetivos de la cifoplastia es la restauración de la altura del cuerpo vertebral y así evitar alteraciones del balance sagital en pacientes que sufren fracturas por aplastamiento, sin embargo, actualmente no existe un método de uso rutinario para medir adecuadamente el volumen del cuerpo vertebral ganado tras el procedimiento. Proponemos la aplicación de la reconstrucción volumétrica por TC para comparar los volúmenes pre y postoperatorios en las vértebras que sufren fracturas por aplastamiento con el fin de determinar el alcance real de la restauración que ofrecen estos dispositivos tanto en altura como en volumen de los cuerpos vertebrales implicados. **Conclusiones:** el análisis volumétrico del cuerpo vertebral mediante TC es un método eficaz para evaluar la reexpansión del volumen vertebral tras la realización de una cifoplastia percutánea con un dispositivo intravertebral (Spine Jack).*

## INTRODUCTION

Spinal burst fractures constitute a set of injuries capable of causing a great impact in quality of life since they carry significant morbidity and mortality rates, especially in the aging population. Up to 90% of spinal fractures are considered to occur in the thoracic and lumbar segments, with crush fractures accounting for up to 14% of cases. These types of fractures are commonly secondary to high-energy trauma, the most common mechanism being falls from different heights, sports injuries and traffic accidents.<sup>1</sup>

Burst fractures (BF) are commonly observed at the thoracolumbar junction. According to Bensch & cols up to 48% of this type of fractures involve the vertebral bodies of T12 and L1, due to the force transfer between the thoracic vertebral segment, which is less mobile due to the stability provided by the rib cage, and the much more mobile lumbar segment.<sup>1,2</sup>

The treatment of BF is still controversial. In the past, conservative or orthotic treatment for at least one month was considered appropriate for most vertebral fractures. However, in cases where axial pain becomes persistent, it is necessary to consider surgical options: vertebroplasty is considered in cases where there is less than 30% loss of vertebral body height, while Kyphoplasty is preferred in cases with a greater loss in vertebral height.<sup>3</sup>

Vertebroplasty is a method introduced in 1987 for the treatment of pain in patients with vertebral angiomas. It consists of the percutaneous injection of bone cement into the trabecular bone of the injured

vertebral body, thereby achieving substantial pain relief while preventing further loss of vertebral body height. Kyphoplasty, on the other hand, consists of the introduction of an inflatable balloon which creates a cavity within the trabecular bone, which is filled with bone cement with the intention of restoring the height of the affected vertebral body and thus reducing the degree of kyphosis.<sup>4</sup>

In the last decade, intervertebral devices have been developed that are inserted percutaneously into the affected vertebra for subsequent cement injection. Three systems are currently available on the market: Vertebral Stents<sup>®</sup>, Osseo Fix<sup>®</sup> and, the most recent, Spine Jack<sup>®</sup>.<sup>3</sup>

The Spine Jack<sup>®</sup> device is an implant made up of Titanium designed to restore the height of the vertebral body in BF cases secondary to osteoporosis, primary and/or secondary bone tumors, or traumatic injuries. It requires a bilateral transpedicular approach and can be used in vertebral bodies from T10 to L5. Once positioned within the vertebral body, it produces a distraction capable of reducing the fracture through ligamentotaxis, especially by acting with the anterior longitudinal ligament. Being a mechanical device (unlike hydraulic devices), it allows a progressive and controlled reduction of the vertebral fracture. This allows recovery of the collapsed vertebral body and provides three-dimensional support of the structure which is required for mechanical stabilization of the vertebral body against axial compression forces. Finally, and once the reduction of the fracture has been achieved, the injection of bone cement or high-viscosity

polymethyl-methacrylate is required, with which the reconstruction and stabilization of the affected vertebra is achieved.<sup>3,4</sup>

It's possible to evaluate the results obtained with the different Kyphoplasty methods by calculating the volume recovered in the affected vertebral bodies. Komemushi & cols. found that the volume of the vertebral body is directly correlated with the amount of bone cement injected. However, different regions of the spine require different bone cement. Larger amounts of bone cement injected into a vertebral body are capable of increasing both the strength and stiffness of the affected vertebra. It is now possible to use computed tomography images to quantify the volume of the vertebral body prior to the procedure, which can help estimate the volume of cement needed. And finally, it is possible to make comparisons in the vertebral volumetry after the procedure and being capable of quantify the percentage of height and volume restored.<sup>5,6</sup>

We present the following case of a patient with a T12 BF who was treated with the SpineJack® device at the Neurosurgery department at the “Lic. Adolfo López Mateos” Regional Hospital in Mexico City, Mexico. The present case report was made in accordance with the CARE guidelines.<sup>7</sup>

### CASE PRESENTATION

We present the case of a 68-year-old female patient with a history of type II diabetes mellitus. A month and a half prior to her evaluation, she suffered a fall from her own height, presenting direct traumatism to the dorsal region, right arm and wrist, after which she experienced stabbing-like pain in the dorsal region, reported with an intensity of 10/10 in the visual analog scale, which made it impossible for her to rejoin from the ground. She was initially evaluated by an orthopedic surgeon identifying a fracture of the right wrist, which was treated with open reduction and placement of internal fixation. Likewise, a BF of the vertebral body of T12 was diagnosed, for which she was prescribed the use of a lumbosacral girdle and physical therapy, as well as the use of NSAIDs without obtaining any improvement, which is why she was then referred to the Neurosurgery department of the “Lic. Adolfo López Mateos” Regional Hospital in Mexico City.

On physical examination, the patient presented axial pain of variable intensity on palpation of the dorsal region at the level of the spinous processes of T12 and L1. The motor system had a strength of 5/5 in all four limbs on the Daniels Modified Scale and preserved superficial and deep sensitivity. She had muscle stretch

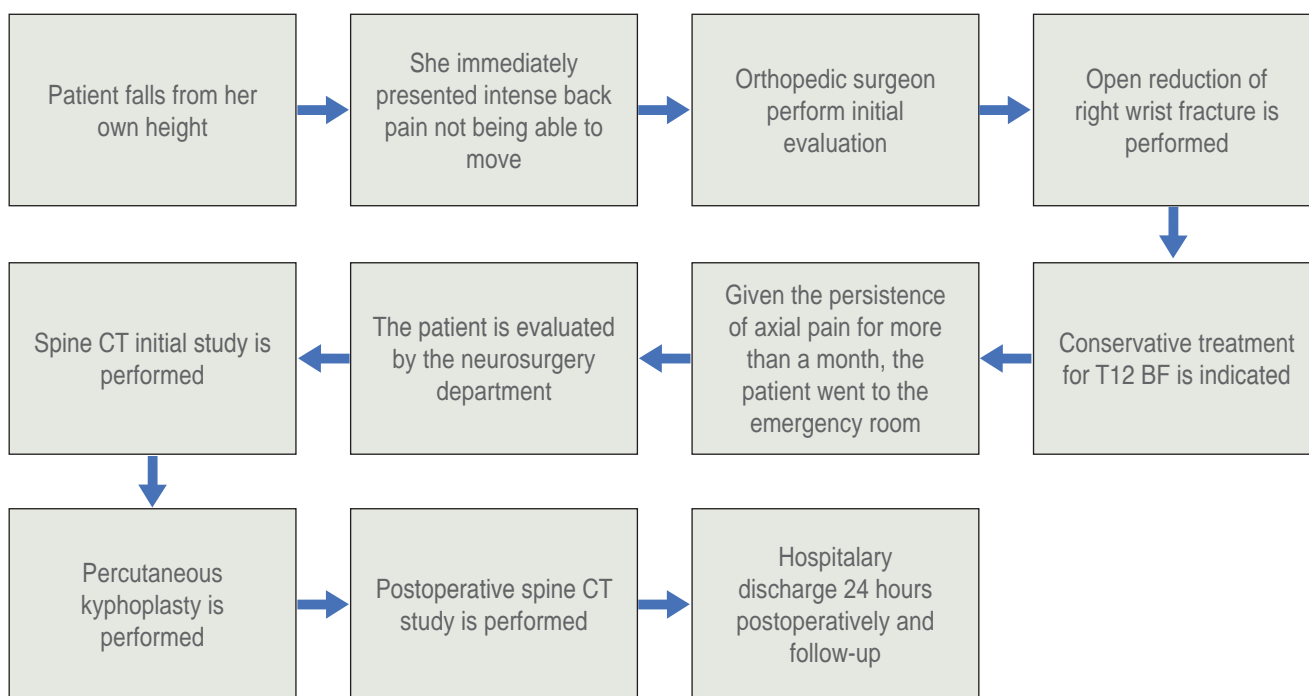
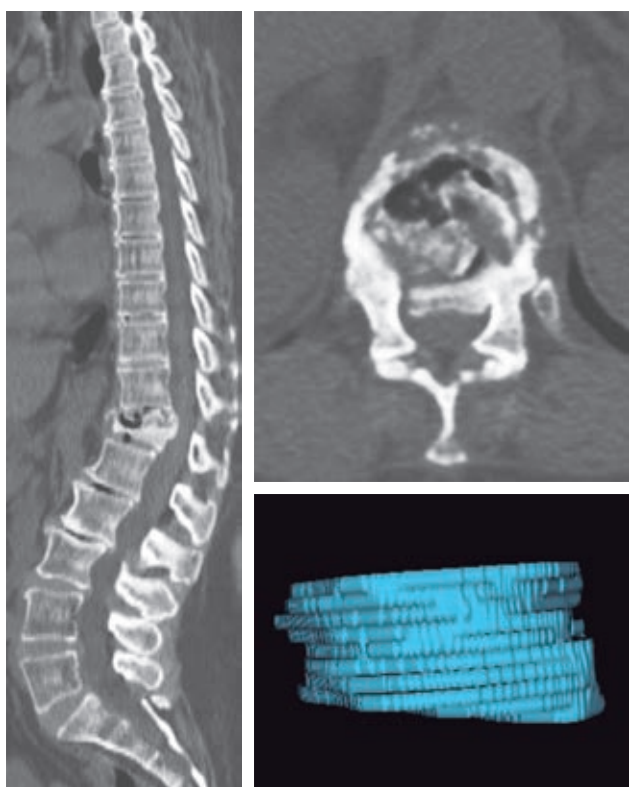


Figura 1: Timeline of the most relevant data events of this case.



**Figure 2:** Preoperative computed tomography study in sagittal view showing a marked decrease in the height of the vertebral body of T12 secondary to its fracture by crushing. Axial section where the fragmentation of the vertebral body is observed. As well as the volumetric reconstruction of the affected vertebral body.

reflexes ++ globally and had no gait limitation. The rest of the neurological examination was normal (Figure 1).

A simple spine tomography was performed, where a compression fracture of the T12 vertebral body was observed, which was classified as a A3 type fracture according to the thoracolumbar spine injury classification system of the AO Foundation (*Arbeitsgemeinschaft Osteosynthese*). Additionally, volumetric reconstruction of the affected vertebral body was performed, obtaining a volume of  $19.3476 \text{ cm}^3$  (Figure 2).

Based on the foregoing, it was decided to perform a T12 percutaneous vertebroplasty using the Spine Jack® device.

### TREATMENT

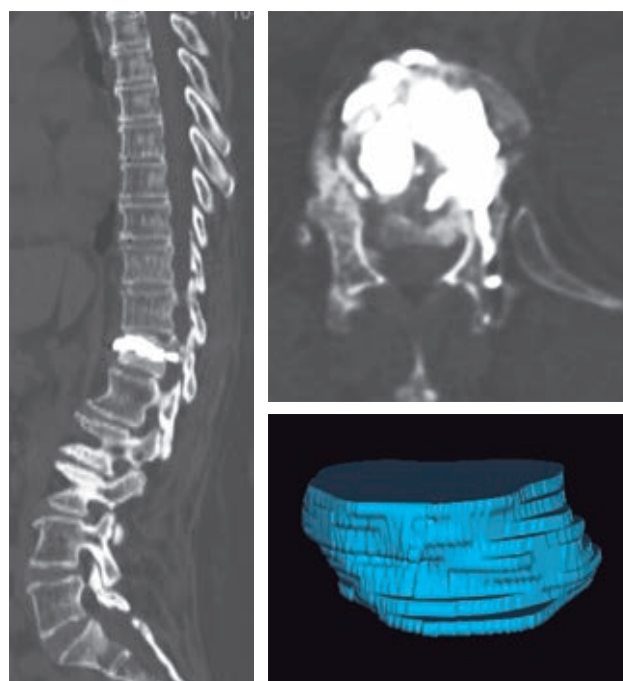
We performed a T12 Kyphoplasty with a bilateral transpedicular intravertebral device, observing

adequate re-expansion of the affected vertebral body and subsequently injecting 7 cubic centimeters of polymethylmethacrylate, without observing any leaks into the intraspinal space.

The procedure lasted 45 minutes, under sedation and local anesthesia application at the puncture sites with Lidocaine with 2% Epinephrine and with minimal bleeding.

Immediately after the procedure, a new spine tomography study was obtained, where a recovery in the anterior wall height of the affected vertebral body was observed. A new volumetric analysis of the vertebral body was then calculated, which turned out to be  $21.0140 \text{ cm}^3$ , which represents a volume gain of  $1.6664 \text{ cm}^3$ , which is equal to an increase of 8.6% compared to the previous height of the same vertebra (Figure 3 and Table 1).

Twelve hours after the procedure, the patient reported a 50% decrease in pain, this being up to 5/10 on the visual analog scale, without presenting any alterations in the motor or sensory system compared



**Figure 3:** Postoperative computed tomography study in sagittal section showing a hyperdense image with irregular borders in relation to the material used for kyphoplasty. The axial section shows the accumulation of methylmethacrylate in the central portion of the vertebral body. Postoperative volumetric reconstruction was also performed, where partial recovery in the height and morphology of the vertebral body is observed.



**Table 1:** Pre and postoperative volumes comparative analysis.

	Preoperative	Postoperative	Difference
Vertebral body volume	19.3476 cm <sup>3</sup>	21.0140 cm <sup>3</sup>	1.6664 cm <sup>3</sup>

to the physical examination prior to the procedure. She was able to walk without help. The patient was then kept under medical surveillance for 24 hours after the procedure and was subsequently discharged from hospital and early physical therapy was started, going for a check-up two and four weeks later observing a greater improvement in referred pain and in their ability to carry out their daily activities.

## DISCUSSION

One of the main objectives of Kyphoplasty is the restoration of vertebral height and thus avoid sagittal balance alterations in patients suffering from BF, however, an effective and proven method is not routinely used to adequately measure the volume gained in the procedure.

The Spine Jack® device used in this case has been shown to be able to achieve a higher percentage of vertebral body height restoration compared to other methods used today. Krüger & cols. compared the use of Spine Jack® vs traditional balloon kyphoplasty in BF models, finding a significant difference favoring the former. This translates into a greater recovery in sagittal balance and then a reduction in kyphotic deformity.<sup>8</sup>

Rotter & cols. also described some advantages of the Spine Jack a device, which is the need for smaller amounts of bone cement to achieve an adequate restoration of the volume and height of the vertebral body affected by BF, the requirement being around 10% of the volume of the vertebral body against 30% needed in common balloon kyphoplasty. This means that requiring less bone cement, the risk of complications such as bone cement leaking out of the vertebral body into the spinal canal or lateral peri vertebral space is considerably reduced.<sup>9</sup>

It has been observed in daily clinical practice that the pain caused by thoracolumbar BF is sometimes not limited just to the level of the fractured vertebrae but instead occurs in areas far away from the injured vertebrae, such as the lower back, iliac crests or buttocks. This symptom has been reported to be between 17.2 and 46.2% in recent literature, and it

was also a characteristic symptom in our presented case. Some authors proposed that this particular symptom may involve different mechanisms regarding degenerative changes secondary to BF, as well as an increase in paravertebral musculature load. Addressing this feature Li & cols. compared the efficacy of both treatments in patients with distant lumbosacral pain accompanied by thoracolumbar BF, describing that at 3 days postoperatively and at last follow-up, both the VAS scores of focal and distant pain were significantly lower in both treatment groups than those before surgery, indicating that patients can obtain benefit from either percutaneous vertebroplasty or balloon kyphoplasty.<sup>10</sup>

Addressing the clinical and radiographic outcomes for both techniques, Wang & cols. conducted a meta-analysis comparing safety and efficacy of balloon kyphoplasty versus percutaneous vertebroplasty in patients suffering osteoporotic vertebral BF. They reported that in terms of radiographic parameters, balloon kyphoplasty could significantly increase postoperative vertebral body height and decrease the risk of cement leakage. However, comparing the outcomes of both techniques in terms of clinical outcomes, using visual analog scale (VAS) and Oswestry Disability Index scores (ODI), there wasn't any significant difference between the two groups. Kyphoplasty tended to have more favorable outcomes than vertebroplasty for patients with large kyphosis angles, vertebral fissures, fractures in the posterior edge of the vertebral body or a significant height loss in the fractured vertebrae, meanwhile percutaneous vertebroplasty has shown to be more effective in the short-term pain relief. A current recommendation for BF treatment favours balloon kyphoplasty, as a superior option for a superior injected cement volume, the short-term pain relief, the improvement of short- and long term kyphotic angle, and lower cement leakage rate, despite it needs longer operation time and higher material cost compared to percutaneous vertebroplasty. Therefore, both balloon kyphoplasty and vertebroplasty are equally effective in the clinical outcomes of patients suffering BF.<sup>11</sup>

We propose the use of volumetric analysis to compare pre and postoperative volumes in vertebrae suffering from BF to measure the real scope of restoration offered by these devices both height and volume of the vertebral bodies.

In the specific case of our patient, a recovery close to 10% of the volume of the vertebral body, as well as the clinically significant decrease in pain, make this a case of success, however, additional



studies with a larger number of patients are required in order to analyze if the recovery of vertebral volume could be related to the reduction of pain in these patients, as well as longer follow-up studies to evaluate if the recovery of vertebral volume is directly related to an improvement in the sagittal balance of these patients.

## CONCLUSIONS

Vertebral burst fractures are nowadays one of the most common healthcare issues worldwide, and their incidence is directly related with the aging population. The burden of this pathology may impact directly on the ability of performing daily living activities, and thus affecting patient's quality of living. In the past decades both balloon kyphoplasty and percutaneous vertebroplasty have shown to be treatment alternatives in patients suffering thoracolumbar BF, proving to achieve and adequate restoration of the volume and height of fractured vertebrae, with a consequent improvement in patient's referred pain and accompanying symptoms. Both techniques have similar results in achieving an improvement in radiographic parameters (vertebral body height, kyphotic wedge angle and risk of cement leakage) as well as similar results in terms of referred pain and disability. Current recommendations tend to favour balloon kyphoplasty in patients suffering with greater altered radiographic parameters such as chronic pain in relation with BF, meanwhile percutaneous vertebroplasty is recommended in patients suffering with more acute scenarios, having a less risk of cement leakage and a more rapid vertebral body height restoration.

We propose to perform vertebral body volumetric analysis as an effective method to quantify the re-expansion of the vertebral volume after performing a kyphoplasty with an intravertebral device (Spine Jack®), in order to obtain a more comprehensive analysis of pre and post-operative radiographic parameters. Even though more studies addressing this volumetric parameter are needed in order to ascertain this parameter's applicability in daily clinical practice, as well as its possible relation with clinical outcomes.

## REFERENCES

1. Rosenthal B, Boody B, Jenkins T, et al. Thoracolumbar burst fractures. *Clin Spine Surg.* 2018; 31: 143-151.
2. Bensch F, Koivikko M, Kiuru M, et al. The incidence and distribution of burst fractures. *Emerg Radiol.* 2006; 12: 124-129.
3. Vanni D, Galzio R, Kazakova A, et al. Third-generation percutaneous vertebral augmentation systems. *J Spine Surg.* 2016; 2: 13-20.
4. Del Castillo-Calcaño J, Rodríguez-Valencia F, García-González U. Use of Spine Jack device shows promising results in reducing refractures for osteoporotic vertebral compression fractures: Results from a retrospective case control study. *World Neurosurgery.* 2016; 91: 623-625.
5. Komemuchi A, Tanigawa N, Kariya S, et al. Percutaneous vertebroplasty for compression fracture: analysis of vertebral body volume by CT volumetry. *Acta Radiologica.* 2005; 46: 276-279.
6. Limthongkul W, Karakovic E, Savage J, et al. Volumetric analysis of thoracic and lumbar vertebral bodies. *The Spine Journal.* 2010; 10: 153-158.
7. Gagnier J, Kienle G, Altman D, et al. The CARE guidelines: Consensus-based clinical case reporting guideline development. *Glob Adv Health Med.* 2013; 2: 38-43.
8. Krüger A, Oberkircher L, Figiel J, et al. Height restoration of osteoporotic vertebral compression fractures using different intravertebral reduction devices: a cadaveric study. *The Spine Journal.* 2015; 15: 1092-1198.
9. Rotter R, Schmitt L, Geier P, et al. Minimum cement volume required in vertebral body augmentation. A biomechanical study comparing the permanent SpineJack device and balloon kyphoplasty in traumatic fracture. *Clin Biomech.* 2015; 30: 720-725.
10. Li Y, Feng X, Pan J, Yang M, Li L, Su Q, Tan J. Percutaneous vertebroplasty versus kyphoplasty for thoracolumbar osteoporotic vertebral compression fractures in patients with distant lumbosacral pain. *Pain Physician.* 2021; 24: E349-E356.
11. Wang B, Zhao CP, Song LX, Zhu L. Balloon kyphoplasty versus percutaneous vertebroplasty for osteoporotic vertebral compression fracture: a meta-analysis and systematic review. *J Orthop Surg Res.* 2018; 13: 264. doi: 10.1186/s13018-018-0952-5.

**Conflict of interest:** the authors of this manuscript declare that they have no conflict of interest.



Julio-Septiembre 2023  
Vol. 1, núm. 3 / pp. 180-186

Recibido: 14 de Junio de 2023  
Aceptado: 03 de Julio de 2023

doi: 10.35366/112802

# Complicaciones posteriores a infiltración por ozonoterapia para el tratamiento de degeneración discal y radiculopatía lumbar

## *Complications after infiltration by ozone therapy for the treatment of disc degeneration and lumbar radiculopathy*

José Miguel Martínez Betanzos,<sup>\*,†</sup> Ricardo Erik Robles Ortiz,<sup>\*,§</sup>  
Alejandro Fabián Rodríguez Messina,<sup>\*</sup> José Francisco Sánchez Sánchez,<sup>\*</sup>  
Magdiel Adán Cruz Guzmán,<sup>\*</sup> Daniel Ramírez de los Santos,<sup>\*,¶</sup>  
Eric Francés Sánchez,<sup>\*</sup> Sofía Sánchez Juárez<sup>\*</sup>

**Palabras clave:**  
neumoencéfalo, neumonía basal, ASIA, ozonoterapia, aracnoiditis química.

**Keywords:**  
*pneumoencephalus, basal pneumonia, ASIA, ozone therapy, chemical arachnoiditis.*

### RESUMEN

El ozono es un gas médico descrito desde el siglo XIX; la ozonoterapia ha tenido su evolución hasta la fecha en cuanto a sus aplicaciones y utilidad en diversas enfermedades por su actuación a nivel molecular y en disímiles enfermedades asociadas a procesos dolorosos de origen inflamatorio, como los registrados en las hernias discales de la columna vertebral. Sin embargo, actualmente se encuentran en controversia los beneficios sobre su aplicación, debido a las diversas complicaciones que pueden presentarse después de su administración. El neumoencéfalo es una complicación que se produce en el fondo de un traumatismo craneoencefálico o en neurocirugía. Las infiltraciones de ozono se utilizan en el tratamiento del prolapso de disco para disminuir los síntomas clínicos. El efecto antiinflamatorio del ozono está apoyado en su capacidad para oxidar los compuestos que contienen dobles enlaces como el ácido araquidónico y las prostaglandinas, que son sustancias activas con elevadas concentraciones en el proceso inflamatorio. La aparición de neumoencéfalo y aracnoiditis química después de la inyección epidural y también con infiltraciones de ozono es una complicación rara, pero que se ha descrito en los últimos años como una complicación devastadora postaplicación. La aracnoiditis puede presentarse como déficits sensitivos y motores, parestesias, síndrome neurológico radicular transitorio (SNRT), síndrome de cauda equina y cono medular. Con relación a la aracnoiditis, se han descrito casos tan severos como el síndrome de cauda equina tras anestesia subaracnoidea, y más benignos como el SNRT que se caracteriza por lumbalgia que irradia a extremidades inferiores, y no asociado a déficit motor ni sensitivo, tampoco a incontinencia de esfínteres, que aparece en las primeras 24 horas, que puede durar varios días y que se resuelve sin secuelas neurológicas. Entender la fisiopatología es importante para valorar y diagnosticar este tipo de complicaciones neurológicas, sobre todo en pacientes con enfermedad discal que han sido sometidos a este tipo de tratamiento. El propósito de este reporte es dar a conocer el caso de una paciente con enfermedad discal con presencia de radiculopatía que fue sometida a infiltración por ozonoterapia, que inmediatamente presenta complicaciones como neumoencéfalo y aracnoiditis química que la llevó a permanecer internada en terapia intensiva y a presentar síndrome de cauda equina.

\* Departamento de Alta Especialidad de Cirugía de Columna Vertebral, Hospital Regional De Puebla ISSSTE, Puebla; México.

Departamento de Alta Especialidad de Cirugía de Columna, Universidad Popular Autónoma de Puebla UPAEP, Puebla 2023.

† ORCID: 0009-0007-7731-3127

§ ORCID: 0009-0001-3032-0297

¶ ORCID: 0009-0000-6945-7779

### Correspondencia:

José Miguel Martínez Betanzos

E-mail: jmm260391@outlook.com

**Citar como:** Martínez BJM, Robles ORE, Rodríguez MAF, Sánchez SJF, Cruz GMA, Ramírez SD, et al. Complicaciones posteriores a infiltración por ozonoterapia para el tratamiento de degeneración discal y radiculopatía lumbar. *Cir Columna*. 2023; 1 (3): 180-186. <https://dx.doi.org/10.35366/112802>



**ABSTRACT**

Ozone is a medical gas described since the 19th century; the ozone therapy has evolved to date in terms of its applications and its usefulness in various diseases due to its action at the molecular level and in dissimilar diseases associated with painful processes of inflammatory origin such as present in herniated discs of the spine, although the benefits of its application are currently in controversy, as well as the various complications that may occur after its application. Pneumocephalus is a complication that occurs in the background of a head injury or neurosurgery. Ozone infiltrations are used for the treatment of disc prolapse to reduce clinical symptoms. The anti-inflammatory effect of ozone is supported by its ability to oxidize compounds that contain double bonds such as arachidonic acid and prostaglandins, which are active substances with high concentrations in the inflammatory process. The appearance of pneumocephalus and arachnoiditis chemical after epidural injection and also with ozone infiltrations is a rare complication but it has been described in recent years as a devastating post-application complication. Arachnoiditis can present as sensory and motor deficits, paresthesias, transient radicular neurological syndrome (TRNS), cauda equina syndrome, and conus medullaris. In relation to arachnoiditis, cases as severe as cauda equina syndrome after spinal anaesthesia, and more benign such as TSNR have been described, characterized by low back pain that radiates to the lower extremities, and not associated with motor deficits. neither sensitive, nor sphincter incontinence, which appears in the first 24 hours, which can last several days, and which resolves without neurological sequelae. Understanding the pathophysiology is important to assess and diagnose this type of neurological complications, especially in patients with disc disease who have undergone this type of treatment. The purpose of this report is to present the case of a patient with disc disease with the presence of radiculopathy who underwent infiltration by ozone therapy, who immediately presented complications such as pneumocephalus and chemical arachnoiditis that led her to remain hospitalized in intensive care and present cauda equina syndrome.

**INTRODUCCIÓN**

El ozono que se ha utilizado comúnmente en medicina es producido por un generador que obtiene el ozono a partir de oxígeno puro pasándolo a través de un gradiente de alta tensión. Se han propuesto diversos mecanismos de acción para explicar la eficacia de la ozonoterapia, incluida la acción analgésica, antiinflamatoria y oxidativa de los proteoglicanos. En los últimos años, el ozono ha obtenido mayor desarrollo y difusión como método terapéutico; sin embargo, continúan en constante controversia sus beneficios. En los últimos diez años, tanto la Agencia de Evaluación de Tecnologías Sanitarias de Andalucía (AETSA) como la Unidad de Asesoramiento Científico-técnico (avalia-t) han publicado informes de evaluación. La Avalia-t ha notificado dos consultas técnicas, una en 2004, enfocada sólo al tratamiento de la hernia discal y la segunda, publicada en 2006, en la que se amplía la evaluación no únicamente para el tratamiento de la hernia discal, sino también para otras patologías dolorosas de la zona lumbar. En ambos estudios, se concluye que no existen argumentos sólidos para recomendar la implementación de la ozonoterapia debido a la insuficiente evidencia científica disponible hasta el momento. Actualmente no se encuentra aprobado el uso de la ozonoterapia por la Administración de

Medicamentos y Alimentación (FDA, por sus siglas en inglés) en Estados Unidos de América para patologías de columna vertebral porque no hay datos que avalen su uso médico. El objetivo de este trabajo es dar a conocer las complicaciones que pueden derivar de una infiltración por ozonoterapia para patologías de columna vertebral.<sup>1</sup>

**PRESENTACIÓN DEL CASO**

Se trata de una mujer de 58 años de edad que presentó los siguientes antecedentes personales de importancia: hipotiroidismo e hipertensión arterial sistémica, alérgica a sulfas y glucopeptidos. Inició su padecimiento el día 07.11.2016, cuando presentó dolor en región lumbar que se irradió a extremidad inferior izquierda. Acudió a un medio privado para la realización de una discólisis con ozonoterapia en región lumbar a nivel de L4-L5, la cual se realiza bajo anestesia regional; sin embargo, inmediatamente después de dicho procedimiento, presentó crisis convulsivas tonicoclónicas, así como desorientación y deterioro neurológico súbito, por lo que se decidió su traslado a otra institución privada para continuar su manejo, donde presentó nuevas crisis convulsivas; se decidió intubación orotraqueal e ingreso al servicio de cuidados intensivos, donde se realizó una tomografía computarizada de cráneo, la

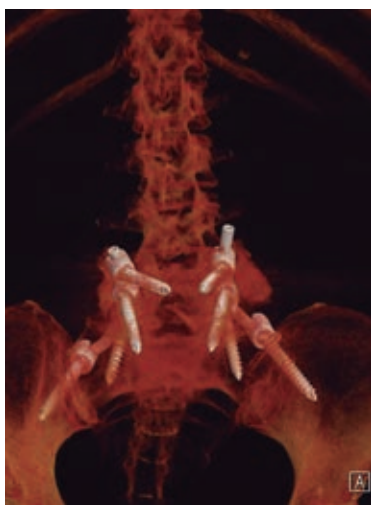
cual reportó neumocéfalo. Permaneció hospitalizada durante los siguientes cuatro días, persistiendo con apoyo ventilatorio mecánico invasivo bajo sedación; se registró neumonía basal derecha.

El día 11.11.2016 se decidió traslado a este hospital a la Unidad de Cuidados Intensivos, donde se reportó neumonía basal derecha, aracnoiditis química y neumocéfalo, así como síndrome neurológico radicular que evolucionó a síndrome de cauda equina. Se inició tratamiento antibiótico y progresión de ventilador, con adecuada mejoría clínica por lo que se retiró apoyo ventilatorio y pasó al Servicio de Medicina Interna; a su ingreso a piso, reportó dolor en miembros pélvicos, así como disminución de fuerza y sensibilidad en escala de ASIA B; fue valorada por el Servicio de Cirugía de Columna, donde se reportó es-



**Figura 1:**

Tomografía axial computarizada simple de columna lumbar con reconstrucción. Se observa instrumentación transpedicular L4-L5-S1 e iliacos.



**Figura 2:**

Tomografía axial computarizada simple de columna lumbar con reconstrucción. Se advierte instrumentación transpedicular a nivel de L4-L5-S1 e iliacos.



**Figura 3:**

Tomografía axial computarizada simple de columna lumbar corte sagital. Se aprecia instrumentación transpedicular a nivel de L4-L5-S1 e iliacos.



**Figura 4:**

Tomografía axial computarizada simple de columna lumbar corte axial. Se distingue instrumentación transpedicular a nivel de L4.

pondilolistesis a nivel de L5-S1 grado III de Meyerding, hernias discales en receso lateral izquierdo a nivel de L4-L5, L5-S1 que moldearon el saco dural, así como hipertrofia de ligamento flavum, por lo que se decidió tratamiento quirúrgico.

El día 06.07.2018 se realizó un abordaje lumbar posterior, instrumentación transpedicular L5-S1, descompresión y fusión posterolateral, sin complicaciones, con mejoría de la sintomatología, así como de la fuerza muscular y sensibilidad en escala de ASIA E. Continuó en vigilancia por la consulta externa en el módulo de columna y, en 2023, presentó nuevamente dolor a nivel de columna lumbar con irradiación a extremidades inferiores de predominio izquierdo, por lo que se tomó nueva resonancia magnética de región



lumbar donde se reportó nueva hernia discal a nivel de L4-L5 y se estableció el diagnóstico de patología del segmento suprayacente + fatiga de instrumentación transpedicular. Se decidió nueva intervención quirúrgica el día 12.06.23, en el cual se realizó un abordaje lumbar posterior + retiro de instrumentación previa + instrumentación transpedicular L4-L5-S1 e iliacos +

artrodesis posterolateral sin complicaciones, con un sangrado de 650 cm<sup>3</sup> y una duración de 3:20 minutos, con mejoría de la sintomatología clínica, fuerza muscular y sensibilidad de L2 a distal conservado.

## DISCUSIÓN

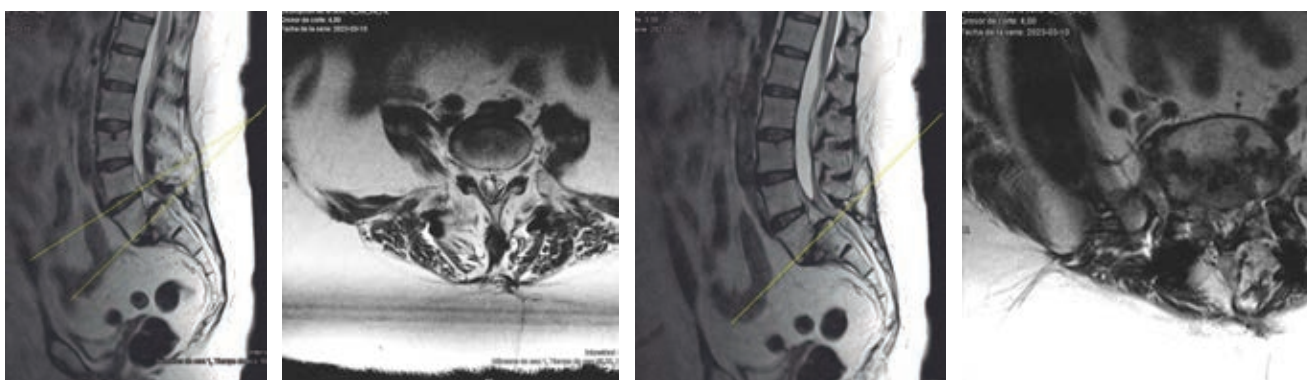
El neumoencéfalo es una complicación rara y potencialmente grave no sólo de la infiltración por ozono, sino también de la anestesia epidural, que es la más a menudo causada por la punción accidental de la duramadre con la introducción de aire en el espacio intratecal. Pacientes con neumoencéfalo se presentan con cefalea postural, que puede ser bastante similar en carácter a cefalea posterior a punción dural, por lo tanto, una historia completa y un alto nivel de sospecha son necesarios para hacer el diagnóstico.<sup>2</sup>

La aracnoiditis puede presentarse como déficits sensitivos y motores, parestesias, síndrome neurológico radicular transitorio (SNRT), síndrome de cauda equina y cono medular. Este SNRT puede evolucionar a patologías más graves como radiculitis y fibrosis severas, paquimeningitis, pseudomeningocele, cicatrizaciones deformes del conducto duramadre, siringomielia. La inflamación de la aracnoides genera un exudado fibrinoso, que provoca que las raíces nerviosas se adosen a la duramadre y entre ellas mismas. Esta situación puede llegar a causar encapsulación completa de las raíces, las cuales sufren atrofia progresiva, como consecuencia de aporte sanguíneo insuficiente.<sup>3</sup>

Neumoencéfalo, también conocido como neu-matocele o aereocele intracraneal, se define como la



**Figura 5:** Radiografía lateral de columna lumbar. Se observa instrumentación transpedicular previa a nivel de L5-S1 con datos de fatiga y aflojamiento.



**Figura 6:** Resonancia magnética simple de fase T2 columna lumbar corte sagital. Se observa listesis a nivel de L5-S1 grado III de Meyerding, degeneración discal a nivel de L4-L5 que moldea saco dural, corte axial se observa a nivel de L5-S1 disminución foraminal derecha.



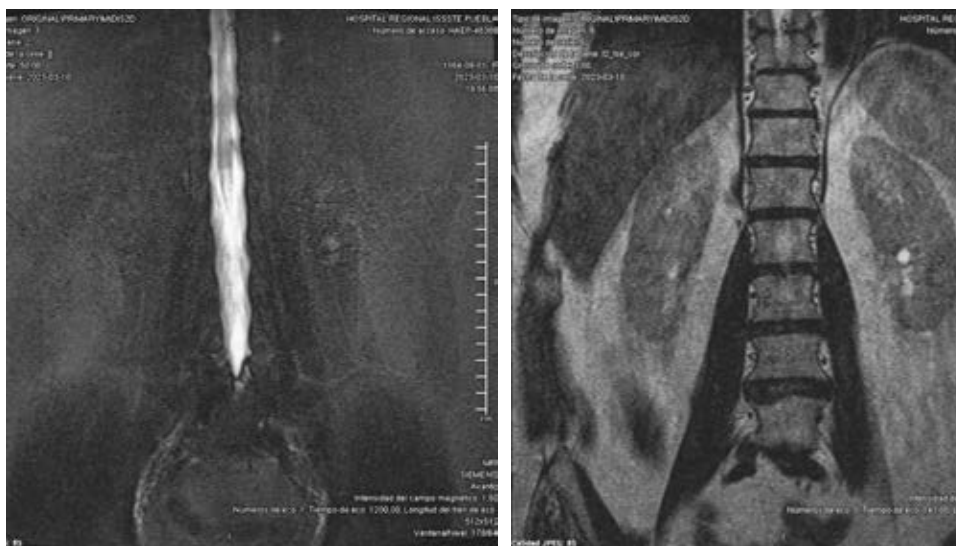


Figura 7:

Mielografía de columna lumbar.

presencia de aire en el espacio intracraneal. Con los años, se ha encontrado típicamente posterior a traumatismo, cirugías craneales e infecciones.<sup>4</sup>

La incidencia de una punción dural accidental durante la anestesia epidural es de aproximadamente 0.06%. Sin embargo, la verdadera incidencia de neumoencéfalo es muy difícil de establecer, principalmente debido al hecho de que la literatura disponible refleja en gran medida algunos casos reportados anualmente.<sup>5</sup>

La ozonoterapia representa una técnica mínimamente invasiva propuestos para tratar la hernia discal y la radiculopatía: las principales indicaciones para aplicar ozonoterapia es el dolor lumbar, con o sin dolor radicular, que es refractario a 4-6 semanas de terapias conservadoras. Se puede llegar a evitar o retrasar el tratamiento quirúrgico abierto en algunas ocasiones.<sup>6</sup>

Los criterios de exclusión para la aplicación ozono incluyen déficits motores, infecciones óseas, fracturas, metástasis y hernia discal calcificada. Sin límite de edad. Para el tratamiento de hernias discales, se puede dar ozonoterapia a través de tres técnicas: intramuscular (a nivel de los músculos paraespinales lumbares), intradiscal o intraforaminal. La infiltración se realiza con una imagen de aguja fina guiada por ecografía o tomografía axial computarizada (TAC), y se completa con inyección periganglionar de corticoides y anestésicos, esta combinación proporciona un alivio inmediato del dolor y da tiempo para que el ozono actúe. El ozono se administra en una fórmula ligada al oxígeno a una concentración muy baja (20-40  $\mu\text{g/ml}$  de oxígeno) sin aparentes reacciones tóxicas o alérgicas.<sup>7</sup>

La ozonoterapia tiene un mecanismo de acción reportada:

1. Estimulación de las células fibroblásticas para reparar la degeneración discal.
2. Disminución de la cascada inflamatoria del ácido araquidónico.
3. Aumento de la concentración de  $\text{O}_2$  en tejidos que sufren de hipoxemia.

El ozono parece tener un efecto primero en la hernia discal, probablemente al disminuir la presión del disco con un efecto de reabsorción, y luego en todo el disco en relación con la deshidratación del disco. Pero incluso si la hernia discal ha persistido en pacientes durante varios meses o años antes de la terapia de oxígeno-ozono, no se puede excluir que la disminución del tamaño de la hernia de disco no se debió a la progresión natural de la hernia de disco posterior a la aplicación de ozonoterapia.<sup>8</sup>

El supuesto principio básico de acción de la inyección intradiscal de oxígeno y ozono es la reducción de proteoglucanos, lo que produce deshidratación y contracción del disco; además, los cambios histológicos incluyen degeneración micro y macrovacuolar con pequeñas halos de necrosis y edema intersticial. Secuencia de imagen ponderada por difusión, ya utilizada en la evaluación de la difusividad del agua de los discos tratados con nucleólisis de ozono, puede tener aplicación en la evaluación de la degeneración micro y macrovacuolar inducida por ozono; de hecho, estos cambios histológicos del disco no son

evidentes a partir de las secuencias de bases T1 y T2 ponderadas.<sup>9</sup>

Las complicaciones de los procedimientos se estiman en alrededor de 0.1%. En la mayoría de los casos, sólo se informan efectos secundarios leves como son: insomnio, picor, pápulas alrededor del punto de infiltración, gastritis, mareos, taquicardia y sofocos. Se han reportado casos de complicaciones severas: hemorragias vítreo-retinianas, accidente cerebrovascular vertebrobasilar, parestesias en la porción anterolateral de la pierna y el pie izquierdos, alteración de la sensibilidad bilateral, discitis, septicemia y el ya mencionado neumoencéfalo y aracnoiditis. Complicaciones a largo plazo se manifiestan entre 12 y 24 meses después del tratamiento, por la presencia de adherencias duras entre tejidos blandos y huesos; en particular, la raíz nerviosa tenía severas adherencias a la duramadre.<sup>10</sup>

Muto y colaboradores, en su estudio observacional con una población de 2,600 pacientes en 2006, no encontraron correlación entre la reducción del tamaño del disco después de la nucleólisis de oxígeno-ozono y la reducción del dolor con un seguimiento de seis y 12 meses, pero si una mejoría clínica en la escala de EVA y Oswestry.<sup>11-13</sup>

Perri y asociados demostraron que las hernias de disco por extrusión y protrusión tenían mejor respuesta que los abombamientos discales, pero este resultado fue contradictorio con lo registrado en el estudio de Ghatge y su equipo. El estudio efectuado por Amoretti y su grupo fue el único que encontró que el tratamiento no era efectivo si la hernia discal era posterolateral o foraminal.<sup>14-17</sup>

En el estudio realizado por Torres LM y colegas en España, se encontraron las siguientes complicaciones asociadas a las técnicas empleadas: un caso de discitis que se resolvió con reposo y antibioterapia, 11 casos de cefalea postpunción (todos en pacientes con discólisis de L5-S1) y cuatro casos con dolor lumbar que requirieron tratamiento analgésico. En el mismo año y en la misma revista, se publicó el estudio de Castro M y colaboradores, en el que cinco pacientes (12.2%) presentaron efectos adversos: cuatro cefaleas transitorias leves y un neumoencéfalo bastante incapacitante que obligó al paciente a guardar reposo en cama durante una semana hasta su reabsorción espontánea completa.<sup>17-20</sup> Todo lo señalado hace pensar que dicho tratamiento no está exento de complicaciones leves transitorias hasta complicaciones severas que pueden llegar a ser incapacitantes para los pacientes.

## CONCLUSIONES

La ozonoterapia actualmente es un tratamiento controvertido que va en aumento para las patologías asociadas a la columna vertebral, aunque no cuenta con la aprobación de los servicios sanitarios de cada país, como en el caso de EE. UU. en el que no ha sido aprobado por la FDA; si bien, muchas veces mejora la sintomatología clínica del paciente, pero no un cambio estructural de las hernias discales, lo que lleva a una mejoría transitoria y que no está exenta de complicaciones leves hasta severas que pueden tener repercusión negativa en la evolución del paciente, así como en su calidad de vida. En el caso del paciente que presentamos, los síntomas iniciales se debieron principalmente a la listesis e inestabilidad mecánica; originalmente no era candidata a un tratamiento con ozonoterapia, el cual desencadenó complicaciones severas, como el neumoencéfalo y la aracnoiditis, que la llevaron hasta la Unidad de Cuidados Intensivos y que se pudieron resolver de manera multidisciplinaria hasta mejorar tanto la sintomatología clínica como el síndrome neurológico transitorio del paciente, que se encontraba en una escala de ASIA B y pudo recuperarse hasta una escala de ASIA E, lo que ayudó a mejorar su calidad de vida. Sin embargo, a pesar de su buena evolución, se espera que el dolor lumbar crónico no mejore a pesar de las intervenciones quirúrgicas y sea una complicación secundaria a la infiltración de ozono lumbar, por lo que no se recomienda, en ninguna de sus formas, el tratamiento de ozonoterapia para las diversas patologías de la columna vertebral.

## AGRADECIMIENTOS

Agradecimiento al Hospital Regional de Puebla ISSSTE y a la Universidad Popular Autónoma de Puebla por las facilidades otorgadas para la realización de este proyecto.

## REFERENCIAS

1. Ahmad M, Bellamy S, Ott W, Mekhail R. Pneumocephalus secondary to epidural analgesia: a case report. *J Med Case Rep.* 2023; 17: 217. Available in: <https://doi.org/10.1186/s13256-023-03955-5>
2. Andreini I, Arrigucci U, Monti L, Bellini M, Battisti C, Federico A. A case of pneumocephalus as complication of ozone therapy: diagnosis and treatment. *Neurol Sci.* 2020; 41: 481-483. Available in: <https://doi.org/10.1007/s10072-019-04062-4>

3. Zhang Y, Ma Y, Jiang J, Ding T, Wang J. Treatment of the lumbar disc herniation with intradiscal and intraforaminal injection of oxygen-ozone. *J Back Musculoskelet Rehabil.* 2013; 26: 317-322. Available in: <https://doi.org/10.3233/BMR-130386>
4. Simon C, Le Corroller T, Pauly V, Creze M, Champsaur P, Guenoun D. Intradiscal oxygen-ozone therapy for the treatment of symptomatic lumbar disc herniation: a preliminary study. *J Neuroradiol.* 2022; 49: 180-186. Available in: <https://doi.org/10.1016/j.neurad.2021.09.004>
5. Haseeb AESA, Abd El Hares AEH, Abd El Moez KM, Mustafa AI, Ahmed OEA. Comparative study between treatment of lumbar disc herniation with intra discal ozone and transforaminal steroid injection versus steroid injection only. *The Egyptian Journal of Hospital Medicine.* 2019; 74: 705-720. Available in: <https://doi.org/10.21608/EJHM.2019.24068>
6. Palumbo, P., Bruno, F., Arrigoni, F., Zappia, M., Ierardi, A. M., Guglielmi, et al. Diagnostic and interventional management of infective spine diseases. *Acta Biomed.* 2020; 91: 125-135. Available in: <https://doi.org/10.23750/abm.v91i8-S.9994>
7. Salaffi F, Ceccarelli L, Carotti M, Di Carlo M, Polonara G, Facchini G, et al. Differentiation between infectious spondylodiscitis versus inflammatory or degenerative spinal changes: how can magnetic resonance imaging help the clinician? *Radiol Med.* 2021; 126: 843-859. Available in: <https://doi.org/10.1007/s11547-021-01347-7>
8. Ercalik T, Kilic M. Efficacy of intradiscal ozone therapy with or without perforaminal steroid injection on lumbar disc herniation: a double-blinded controlled study. *Pain Physician.* 2020; 23: 477-484. PMID: 32967390.
9. Buric J, Rigobello L, Hooper D. Five and ten year follow-up on intradiscal ozone injection for disc herniation. *Int J Spine Surg.* 2014; 8: 17. Available in: <https://doi.org/10.14444/1017>
10. Ghatge SB, Shah RP, Surya N, Sankhala S, Unadkat CJ, Khan GM, et al. Ozone disc nucleolysis in cervical intervertebral disc herniation: A nonrandomized prospective analysis in 246 patients. *J Craniovertebr Junction Spine.* 2022; 13: 114-120. Available in: [https://doi.org/10.4103/jcvjs.jcvjs\\_46\\_22](https://doi.org/10.4103/jcvjs.jcvjs_46_22)
11. Kelekis A, Bonaldi G, Cianfoni A, Filippidis D, Scarone P, Bernucci C, et al. Intradiscal oxygen-ozone chemonucleolysis versus microdiscectomy for lumbar disc herniation radiculopathy: a non-inferiority randomized control trial. *Spine J.* 2022; 22: 895-909. Available in: <https://doi.org/10.1016/j.spinee.2021.11.017>
12. Kilic M, Ercalik T, Ozdemir B, Yilmaz I, Oguzoglu AS, Aydin L, et al. Lumbar intradiscal ozone chemonucleolysis applied together with the epidural steroid treatment. *Sisli Etfal Hastan Tip Bul.* 2021; 55: 203-209. Available in: <https://doi.org/10.14744/SEMB.2020.55649>
13. Fort NM, Aichmair A, Miller AO, Girardi FP. L5-S1 *Achromobacter xylosoxidans* infection secondary to oxygen-ozone therapy for the treatment of lumbosacral disc herniation: a case report and review of the literature. *Spine (Phila Pa 1976).* 2014; 39: E413-416. Available in: <https://doi.org/10.1097/BRS.000000000000195>
14. İlhan B, Dogan H. Novel complication of ozone therapy: Massive emphysema and pneumomediastinum. *Am J Emerg Med.* 2021; 41: 190-192. Available in: <https://doi.org/10.1016/j.ajem.2020.03.045>
15. Schar RT, Sutter M, Mannion AF, Eggspühler A, Jeszenszky D, Fekete TF, et al. Outcome of L5 radiculopathy after reduction and instrumented transforaminal lumbar interbody fusion of high-grade L5-S1 isthmic spondylolisthesis and the role of intraoperative neurophysiological monitoring. *Eur Spine J.* 2017; 26: 679-690. Available in: <https://doi.org/10.1007/s00586-017-4964-3>
16. Rao SM, Kotgire L, Sastri BVS. Pneumocephalus caused by an epidural ozone injection for treatment of disc prolapse. *Res Pract Anesthesiol Open J.* 2019; 4: 11-13. Available in: <https://doi.org/10.17140/RPAOJ-4-124>
17. Perri M, Grattacaso G, di Tunno V, Marsecano C, Gennarelli A, Michelini G, et al. T2 shine-through phenomena in diffusion-weighted MR imaging of lumbar discs after oxygen-ozone discolysis: a randomized, double-blind trial with steroid and O2-O3 discolysis versus steroid only. *Radiol Med.* 2015; 120: 941-950. Available in: <https://doi.org/10.1007/s11547-015-0519-z>
18. Calle G, Huayhua L, Martinez A. The role and the effects of the ozone paravertebral injections, in lumbar disc herniation patients. *J Ozone Ther.* 2020; 4: 24-36. Available in: <https://doi.org/10.7203/jo3t.4.5.2020.18023>
19. Toman H, Ozdemir U, Kiraz HA, Lüleci N. Severe headache following ozone therapy: pneumocephalus. *Agri.* 2017; 29: 132-136. Available in: <https://doi.org/10.5505/agri.2016.36024>
20. Murphy K, Muto M, Steppan J, Meaders T, Boxley C. Treatment of contained herniated lumbar discs with ozone and corticosteroid: a pilot clinical study. *Can Assoc Radiol J.* 2015; 66: 377-384. Available in: <https://doi.org/10.1016/j.carj.2015.01.003>

**Conflicto de intereses:** los autores no reportan ningún conflicto de intereses.



Julio-Septiembre 2023  
Vol. 1, núm. 3 / pp. 187-195

Recibido: 14 de Agosto de 2023  
Aceptado: 18 de Agosto de 2023

doi: 10.35366/112803

## Historia de la cirugía de columna en México y el mundo

### *Spine surgery's history in Mexico and world*

José de Jesús González Mercado,<sup>\*,‡</sup> José María Jiménez Ávila,<sup>\*,§</sup> Enrique Vargas Uribe<sup>\*,¶</sup>

**Palabras clave:**  
historia, cirugía de columna,  
escoliosis, columna.

**Keywords:**  
*history, spine surgery,  
scoliosis, spine.*

### RESUMEN

La base de la humanidad y su construcción como especie es resumida en una frase por Dale Turner *El error del pasado es la sabiduría y el éxito del futuro*. La cirugía de columna es una de las áreas más complejas de la medicina, a pesar de ello, es una de las áreas que mayor satisfacción otorga como cirujano al permitir cambiar vidas después de una cirugía, las cuales puede realizarse con mucha seguridad, pero llegar a este punto, no fue fácil, el desarrollo ha sido largo. En este escrito intentaremos recordar un poco de este proceso, tanto en la historia mundial como en la historia nacional, ya que hay poca información sobre cómo se ha desarrollado esta rama en nuestro país. Joseph Joubert expresó *La historia debe ser sobre todo la pintura de un tiempo, el retrato de una época. Cuando ésta se limita a ser el retrato de un hombre o la pintura de una vida, solo a medias es historia*. Por ello, los autores de este trabajo notamos la importancia de recordar los nombres de los grandes cirujanos y la evolución a través de las épocas que nos han llevado a ser lo que somos el día de hoy. Fielmente pensamos que la historia es la ciencia que más puede enseñar a la humanidad, ésta puede recordar desde nuestro nacimiento como especie hasta nuestros grandes errores o aciertos como humanidad, por lo que la medicina no es la excepción en cuanto a la importancia del recuento histórico. Realizar este memorial de la cirugía de columna nos permitirá agradecer y enaltecer a los grandes maestros que han construido este gremio, a aquellos que han dado su vida y tiempo por esta labor a la humanidad, que la historia les permitirá ser recordados con la grandeza que merecen, y entender cuál es el futuro de nuestra especialidad, porque un gran proverbio de nuestra cultura nos recuerda que para saber a dónde vamos debemos saber de dónde venimos, por lo que dar la oportunidad a nuestros colegas de empaparse del contexto histórico hará más grande la posibilidad de crecer como gremio.

### ABSTRACT

*The basis of humanity and its construction as a species is summarized in a phrase by Dale Turner "The error of the past is the wisdom and success of the future". Spine surgery is one of the most complex areas of medicine, yet it is one of the areas that gives the greatest satisfaction as a surgeon by allowing lives to be changed after surgery which can be performed with great safety, but getting to this point was not easy, The development has been long and in this paper we will try to recall a little of this process, both in world history and national history, since there is little information on how this branch has developed in our country. Joseph Joubert expressed "History must be above all the painting of a time, the portrait of an epoch. When it is limited to being the portrait of a man or the painting of a life, it is only half-history", for which the authors of this work note the importance of*

\* Traumatólogo Ortopedista.  
Médico adscrito al Centro Médico  
Nacional de Occidente.  
‡ ORCID: 0000-0002-6882-7296  
§ ORCID: 0000-0002-5532-5318  
¶ ORCID: 0009-0001-1637-7078

**Correspondencia:**  
**Dr. José de Jesús González  
Mercado**  
E-mail: dr.jesusgonzalez26@gmail.  
com

**Citar como:** González MJJ, Jiménez ÁJM, Vargas UE. Historia de la cirugía de columna en México y el mundo. *Cir Columna*. 2023; 1 (3): 187-195. <https://dx.doi.org/10.35366/112803>





*remembering the names of the great surgeons and the evolution through the ages that have led us to be what we are today, since we faithfully believe that history is the science that can teach humanity the most, it can recall from our birth as a species to our great mistakes or successes as humanity; so medicine is no exception in terms of the importance of historical recounting. This memorial of spine surgery will allow us to thank and praise the great masters who have built this guild, those who have given their lives and time for this work to humanity, that history will allow them to be remembered with the greatness they deserve, and understand what is the future of our specialty, because a great proverb of our culture reminds us that to know where we are going we must know where we come from, so giving the opportunity to our colleagues to soak up the historical context will increase the possibility of growing as a guild.*

## HISTORIA ANTIGUA

La historia de la patología de la columna es tan antigua como algunas de las primeras civilizaciones como Egipto. el *Papiro Edwin Smith*, documento egipcio, es un texto quirúrgico sin autor conocido; sin embargo, ha sido relacionado con Imhotep, médico egipcio del faraón. Este es el texto más antiguo relacionado a lesiones de columna; presenta seis casos de traumatismo de columna vertebral. También se tiene registro de un libro con relatos mitológicos indios llamado *Srimad Bhagwad Mahapuram*, escrito entre el 3500 a.C. y 1800 a.C, en uno de sus relatos, Lord Krishna cura, mediante tracciones, la deformidad de una de sus devotas que sufre escoliosis.<sup>1</sup>

Los primeros casos de escoliosis serían referidos por el padre de la medicina griega Hipócrates (460-377 a.C.), quien clasificaría las patologías de columna: escoliosis, cifosis, fracturas vertebrales y luxaciones vertebrales. También fue el primero en describir el tratamiento de las luxaciones y deformidades mediante tracción contrapeso; además, describiría la conformación anatómica básica de la columna en su libro *Las articulaciones*.

Galeno (130-200 a.C.) sería el mayor exponente de la medicina en Roma y su contribución a las patologías y tratamientos de la columna no sería excepción en su pasaje por la medicina. Él sería el primero en relacionar los movimientos musculares con sus conexiones nerviosas medulares; a su vez, describiría la lordosis, cifosis, escoliosis y el conducto medular de manera estructural.<sup>2</sup>

En Roma seguirían las investigaciones por parte de Orisasio (325-400 a.C.) quien fue invitado a esta ciudad por parte del emperador Julián. Este médico aplicaría tracciones y altas presiones para intentar modificar las deformidades de columna.<sup>3</sup>

En Turquía, Ibn Sena (980-1037 d.C.) usaba métodos similares basados en tracción para producir mejoría en pacientes con escoliosis; no obstante,

existían gran cantidad de tetraplejas o paraplejas con estos procedimientos, lo que causó que fueran dejadas de usar.<sup>1</sup>

## ERA PREQUIRÚRGICA

Posterior a la grandeza romana el oscurantismo asecharía a la humanidad por casi mil años, dejando olvidada en gran parte la medicina. Durante esta época, la Edad Media, pocos avances se encontrarían; pero podemos mencionar a Albucasis (936-1013 d.C.) quien diseñaría técnicas de tratamientos quirúrgicos para escoliosis; sin embargo, no serían relevantes ante tal oscurantismo que rodeaba su época.<sup>2</sup>

El Renacimiento daría destellos de sabiduría y ciencia durante el siglo XV cuando Leonardo da Vinci (1452-1519 d.C.) describió de manera exacta la anatomía y biomecánica de la columna vertebral, utilizando 10 cadáveres para realizar disecciones e ilustraciones.<sup>3</sup> Andreas Vesalius (1514-1564 d.C.) publicaría su libro *Humani corporis fabrica libri septem*, en 1543, en el que se muestran ilustraciones de disecciones corporales con anatomía exacta.

Sería hasta el siglo XVI cuando por primera vez alguien intentaría volver a reintervenir en estas alteraciones. Así, Paulus Aegineta (Pablo de Egipto) usa férulas, pero sin gran resultado.<sup>4</sup> Ambroise Paré (1510-1590 d.C.) presentaría el primer corsé de hierro para deformidades vertebrales, buscando mejoría con materiales más fuertes.<sup>5</sup>

En el siguiente siglo Francis Glisson (1597-1677) retomaría el empleo de tracción-contratracción como tratamiento para la escoliosis mediante el uso de una cinta de estiramiento axilar.<sup>1</sup> Giovannie Alfonso Borelli (1608-1679 d.C.) fundaría la primera sociedad científica llamada academia de experimentos y publicaría el primer libro de biomecánica de la columna llamado *Movimientos de los animales*.<sup>3</sup>

Un siglo más adelante, en 1741, Nicholas Andry (1658-1742 d.C.) revolucionaría la medicina dando



por primera vez el nombre a la ortopedia, al publicar su libro *Ortopedia o el arte de corregir y prevenir deformidades en niños*, en el que proponía tratamientos posturales, ejercicios o apoyos ortopédicos para prevenir o corregir múltiples deformidades, incluyendo la escoliosis.<sup>6</sup> Leonhard Paul Euler (1707-1783 d.C.) matemático que estudiaría la columna y su punto de quiebre a deformidad mediante compresión, propuso una explicación física para las deformidades vertebrales; 1768 sería el año en que Francois Levacher pondría el uso de un sistema ortopédico de casquete con el que se colgaba al paciente para dar tracción por fuerza de gravedad.<sup>1</sup> En 1788, Jean André Venel fundó el instituto ortopédico donde se presenta el primer tratamiento continuo de escoliosis que consistía en extensión continua nocturna decúbito con presas cefálicas contra tracción pélvica y de rodillas.<sup>7</sup> En 1779, Percivall Pott describiría la tuberculosis vertebral, la cual llevaría su nombre, siendo al fin expresada la idea de este concepto del que se hablaba desde la Grecia Antigua.<sup>8</sup>

El siglo XIX Jacques Mathieu Delpech (1777-1832 d.C.), quien sería cirujano durante las guerras napoleónicas y obtendría amplia experiencia, publicaría, en 1828, *De l'orthomorphie*, donde hablaría de tono muscular, estabilidad de articulaciones y el equilibrio de ésta; cambió la forma de ver la ortopedia de manera importante y describió la enfermedad de Pott más a fondo, siendo quien encontraría de forma definitiva su etiología tuberculosa.<sup>9</sup> En la década de 1840, escribió un libro en el que documentan las características de los pacientes que sufren escoliosis; predominio femenino, patrones de desarrollo y requisitos maternos, incluso abogaba por el uso de aros pélvicos de soporte en muletas, material ortopédico que sería retomado en el siglo 20 por Buschenfeldt.<sup>4</sup> Lewis Albert Sayer aplicaría el primer yeso como tratamiento ortopédico; lo describe en su libro *Enfermedad espinal y curvatura espinal: tratamiento por suspensión y uso de vendaje de yeso de Paris*, en 1879.<sup>10</sup>

## ERA QUIRÚRGICA

Este siglo también iniciaría una revolución en la medicina con las primeras cirugías, con los avances pertinentes de la época dados por William Morton (1819-1968 d.C.), con la primera anestesia por éter en 1850 y la antisepsia en 1870 descrita por Joseph Lister quien (1827-1912 d.C.), al crear por primera vez una cirugía segura, sobre esa base, se daría el primer intento quirúrgico para tratar la escoliosis con Jules Rene Guerin

(1801-1866 d.C.), realizando miotomías percutáneas de la musculatura vertebral con tratamiento ortopédico posterior; sin embargo, no tuvo buenos resultados. No obstante, junto a Charles Gabriel Pravaz (1791-1855 d.C.) fundarían su propio instituto ortopédico donde contarían con múltiples aparatos de ejercicios e incluso una piscina para intentar corregir la escoliosis con estos métodos. Richard Von Volkmann (1830-1889 d.C.), cirujano alemán, en 1881, efectuaría la primera cirugía ósea para tratamiento de escoliosis, realizando resección de una joroba costal escoliótica mediante una toracoplastía.<sup>10,11</sup> Berthold Ernest Hadra (1842-1903 d.C.) lleva a cabo la primera fijación posterior en una fractura-luxación cervical pediátrica mediante un cableado de apófisis espinosas y seguiría este tratamiento con pacientes con diagnóstico de Mal de Pott.<sup>12-14</sup> Jean-Francois Calot (1861-1944 d.C.) utilizó sutura perióstica entre láminas y procesos transversales junto a tratamiento ortopédico de escayola, que de manera involuntaria realizó las primeras fusiones vertebrales. En 1895, Branford y Brackett fueron los primeros en clasificar las curvaturas de la columna, basándose en flexibilidad y los cambios estructurales del músculo y ligamentos, lo cual publicaron, en 1899, en un artículo llamado *Corrección en curva lateral*; además, idearon distracción horizontal con un marco localizado.<sup>15</sup>

En el siglo XX, daría un giro total al permitir la evaluación de la columna mediante rayos X, descubiertos por William Conrad Roentgen (1845-1923 d.C.), en el año 1895, lo que modificó la evaluación diagnóstica y de resultado de tratamientos.<sup>16</sup> Iniciando el siglo, se realizaría la primera experiencia de metaloimplantación relacionado a columna con buenos resultados efectuada por Fritz Lange (1864-1952 d.C.), en 1932, con la colocación de barras.<sup>14,17</sup> En este siglo, Arthur Steindler no daría un avance de cirugía para la escoliosis; sin embargo, sería uno de los importantes pilares en la evaluación de los resultados de los tratamientos, proponiendo seguir los pasos de la naturaleza para su tratamiento y no combatiéndolo de forma directa, formando un importante sistema de salud ortopédica junto al gobierno de Iowa, ciudad que se convirtió en su hogar después de su nacionalización estadounidense.<sup>18</sup> En 1933, se desarrollarían las primeras fusiones vertebrales posteriores intencionales sucederían a pocos años siendo Russel A. Hibbs (1869-1933 d.C.), en el año 1911, informando de tres casos de tuberculosis con buenos resultados en el Hospital Ortopédico de New York y proponiéndolo como tratamiento de escoliosis, posteriormente presentaría 59 casos de fusión espinal con buenos resultados.<sup>19</sup> Este proce-

dimiento sería seguido por otros cirujanos como Fred Houdlett Albee (1876-1945 d.C.) quien usaría injerto de tibia incluso con mejores resultados, Quervain que emplea injerto de espina escapular, Bosworth (1898-1979 d.C.), Galloway (1887-1960 d.C.)<sup>14,20</sup> o Ralph Ghormley (1883-1958 d.C.)<sup>21</sup> utilizando injerto de cresta; otros médicos intentarían los primeros casos de xenoinjerto bovino con malos resultados. Campbell, a mediados de los años 20, describiría su método de fusión trisacra para patologías lumbares.<sup>22</sup> Joseph Risser propondría el uso del primer corseé con uso prequirúrgico y postquirúrgico a lado de Hibbs con buenos resultados en año 1920.<sup>23</sup> Dos años después, en 1922, Alex MacLennan<sup>24</sup> realizaría la primera resección vertebral y, en 1924, se efectuaría la primera fusión anterior por William Von Lackum (1893-1969 d.C.) y Allen DeForest-Smith con dos casos, pero con malos resultados, presentando cifosis postquirúrgica.<sup>14,23</sup> Royle realizaría la primer hemivertebrectomía, en 1928, posteriormente continuaría con este procedimiento como tratamiento para la escoliosis congénita.<sup>24,25</sup> Forbes, a inicios de los años 30, describiría las decorticaciones parciales para facilitar la fusión, realizándolas en la apófisis espinosas y la lámina.<sup>14</sup> En 1933, Ghormley ampliaría la noción de la columna móvil e inmóvil en la región lumbopélvica, además de explicar la función facetaria.<sup>14</sup> En 1941, Philip Wiles sería el autor de la primera resección en cuña de vertebra para escoliosis congénita, pero, a pesar de presentar sólo dos casos, ambos tuvieron mal resultado con una cifosis severa postquirúrgica.<sup>26</sup> Sería hasta 1945 cuando Smith Petersen llevaría a cabo la primera osteotomía para corrección de un solo nivel en un paciente con espondilitis anquilosante (SPO, por sus siglas en inglés) y, un año después, en 1946, Blount y Schmidt inventarían un aparato ortopédico de distracción con almohadillas laterales, siendo un predecesor de un chaleco de Milwaukee.<sup>27</sup>

En 1947, se revolucionaría el tratamiento de las deformidades vertebrales de manera inimaginada gracias a Paul Randall Harrington, quien inicio un proceso de una década para crear el primer sistema de instrumentación espinal exitoso.<sup>28,29</sup> Un año después, Cleveland publicaría junto a Bosworth un artículo sobre cómo tratar la pseudoartrosis secundaria a la no fusión, recomendando un abordaje específico unilateral para ésta;<sup>30</sup> este abordaje, que recomendaba la exposición de las apófisis transversas, fue recomendado por Melvin Watkins, en 1953, en una publicación. Barry Friedman e Ignacio Ponseti iniciarían investigaciones sobre la escoliosis,<sup>31</sup> posteriormente publican un artículo llamado *Pronóstico*

*de la escoliosis idiopática*, en el que dividen la escoliosis idiopática en cinco tipos diferentes de acuerdo a su curva, y explican el pronóstico de éstas reportando 117 pacientes en 1950.<sup>32</sup> En los años 50, John Cobb (1903-1967 d.C.) inventa un método radiográfico para evaluar la curva escoliótica en radiografías.<sup>33</sup>

En 1954, se propondría una nueva clasificación descrita por J. I. James, tomando en cuenta la edad de los pacientes y el ángulo de la curva, pero la presentaría hasta el año 1959, en un artículo llamado *Escoliosis infantil estructural*.<sup>34</sup> Adam Gruca sería el siguiente en proponer una clasificación, dividiendo la escoliosis en tres tipos diferentes de acuerdo a la curva.<sup>35</sup> Paul Randal Harrington (1911-1980 d.C.) sería el primero en proponer la fijación interna de la columna con un sistema que llevaría su nombre, siendo el primer tratamiento de instrumentación en escoliosis de la historia.<sup>36</sup> Se iniciaría un periodo de fusiones vertebrales como tratamiento definitivo junto a las instrumentaciones; Allen Dwyer llevaría a cabo una cirugía de doble abordaje, con abordaje posterior y una instrumentación anterolateral, pero sin buenos resultados. Sería en 1960 cuando el mismo Harrington propondría la primera fijación espinopélvica con buen resultado para disminuir la tensión de la columna móvil.<sup>14</sup> En 1965, Hodgson realizaría una fusión vertebral anterior secundaria a osteotomías de lado cóncavo de la curvatura en escoliosis para prevención de cifosis.<sup>37</sup> En 1966, en la Universidad de Minnesota, se funda la Sociedad de Investigación de la Escoliosis, siendo John Moe el primer presidente de la misma y creando una clasificación de la escoliosis idiopática del adolescente junto a King.<sup>38</sup> En esa década, Nickel junto Perry y Garret desarrollarían el aro de tracción en California<sup>39</sup> y sería modificado por DeWald, creando el halo-pélvico en Chicago.<sup>40</sup> En 1976, Zielke modificaría la instrumentación creando un sistema llamado espondilodesis de desrotación ventral (VDS, por sus siglas en inglés) basado en el uso de una barra, la cual tendría mayor beneficio que las anteriores; a pesar de ello, los resultados no eran los esperados. Kaneda modificaría este sistema por uno de dos barras multisegmentario anterior para escoliosis toracolumbar o lumbar, este sistema mostró una enorme mejoría en los pacientes con escoliosis.<sup>41</sup> En la Ciudad de México, en el año de 1982 (aunque sus estudios iniciarían desde 1970<sup>14</sup>), llegaría el siguiente gran avance de tratamiento desarrollado por Eduardo Luque con instrumentación segmentaria lateral, que consistía en varillas fijadas en el rostral y extremos mediante alambres sublaminares lo que permitía ser flexible sin dejar

de ser rígida en posición; éste sería el tratamiento de elección para escoliosis idiopática del adolescente por décadas.<sup>1,36</sup> En 1984, Jean Dubouset e Yves Cotrel (1925-2019 d.C.) crean la instrumentación de Cotrel-Dubouset que es una instrumentación segmentaria, posterior que por primera vez usa tornillos pediculares, siendo la primera vez que se usarían tornillos pediculares en escoliosis; este sistema modificaría la historia, siendo usado de manera mundial al demostrar una gran mejoría y facilidad de rehabilitación para los pacientes.<sup>1,42</sup> Un nuevo desarrollo en cuanto a las osteotomías sería entregado a la historia por parte de Thomasen en 1985 al describir la osteotomía de extracción pedicular llamada PSO (*Pedicle Subtraction Osteotomy*), que era una modificación valorable en plano sagital para las deformidades óseas.<sup>13</sup> En los años subsecuentes, el *Texas Scottish Rite Hospital* modificaría el sistema de Zeilke basado en un par de barras; no obstante, serían barras con mayor rigidez y puntas hexagonales, además modificando la conexión entre tornillos y varillas, lo que lo convirtió en un éxito absoluto.<sup>1</sup> En las siguientes décadas, los tornillos pediculares serían el centro de investigación, instaurando diferentes sistemas de conexión entre éstos y las barras, siendo creados los tornillos poliaxiales y monoaxiales, buscando diferentes opciones para múltiples enfermedades, dependiendo del plano de corrección necesario de acuerdo a alineación en el concepto tridimensional de la columna.<sup>1</sup>

### TECNOLOGÍA EN COLUMNA

En el nuevo milenio se lograrían perfeccionar algunas técnicas que previamente se habían creado, dando vida a un nuevo tipo de cirugía de columna.

El año de 1970 sería el que iniciaría el probar potenciales evocados somatosensoriales (SSEPS, por sus siglas en inglés) en cirugías de deformidades de columna; en los años 80 evolucionarían en los potenciales evocados motores transcraneales (tce-MEP, por sus siglas en inglés) y en años recientes se ha integrado la electromiografía intraoperatoria y la monitorización de tornillos transpediculares.<sup>43</sup>

En 1986, sería realizada la primera cirugía mediante neuronavegación asistida, siendo utilizada en una cirugía cerebral;<sup>44</sup> sin embargo, en el año 1995, comenzaría su uso en la columna, aunque con muy malos resultados por poca definición. Sería hasta el nuevo milenio cuando esta técnica podría perfeccionarse y ser utilizada de manera segura en la cirugía de columna, gracias a equipos que permitían el uso en

vivo y con imágenes en 3D y 2D.<sup>45-47</sup> En esta misma década de inicio de milenio, traería consigo avances en la cirugía mínima invasiva de columna, al ser creados nuevos abordajes de columna como el ALIF, ORIF, LLIF o incluso TLIF mínimo invasivo, creando nuevas formas de descompresión, con descompresiones indirectas que no intervienen con la arquitectura ósea.<sup>48-51</sup> También la cirugía robótica iniciaría su evolución en la cirugía de columna, específicamente en el año 2004. Actualmente la cirugía robótica se encuentra aún en desarrollo para ser un instrumento más amplio en tipos de procedimientos y más económico para realización, y parece que será una gran opción en el futuro.<sup>45,46,52</sup>

### MÉXICO

En México la historia de la cirugía de columna empieza con el doctor Eduardo Liceaga Torres (1839-1920) quien comienza con procedimientos quirúrgicos ortopédicos, incluyendo fracturas de columna vertebral o mal de Pott.<sup>53</sup> A partir de 1920, el doctor Manuel Madrazo (quien es considerado el primer ortopedista en México) decide dedicarse a la cirugía ortopédica de lomo; después de su entrenamiento en Nueva York, realiza procedimientos de columna en fracturas, siendo incluso el primer cirujano en efectuar una fusión vertebral en el país.<sup>54,55</sup> Serían cirugías a manos libres hasta 1950, cuando llegaría el primer arco en C a la Ciudad de México (en Guadalajara llegaría en 1980). A partir de esta década, la historia de la cirugía de columna crecería de forma titubeante con algunos de los pioneros de ortopedia de esta nación, realizando cirugías de columna de manera no exclusiva. Sería hasta los años 70 cuando el maestro Eduardo Luque Rebollar (1931-2002) –quien estudió medicina en la Universidad de Stanford en Palo Alto, California, y su residencia en el *Princess Elizabeth Orthopaedic Hospital Royal Devon & Daxeter* en Devon, Inglaterra– regresaría a México para desarrollarse como cirujano de ortopedia y especialmente en columna. Fue nombrado jefe de la clínica de Escoliosis en el Hospital Shriners de la Ciudad de México de 1966 a 1982 y de 1968 hasta su muerte como director del Hospital “Dr. Germán Díaz Lombardo”; al ser director de este hospital publicaría su técnica quirúrgica que consistía en la aplicación de dos barras longitudinales moldeadas sobre la columna vertebral, a las cuales fijaba segmentariamente las vértebras mediante el anudado de alambres instalados por debajo de las láminas, lo que permite buenos resultados en deformidades con menor costo;<sup>56</sup> citando al maestro: “tenemos capa-



ciudad de pensamiento original y no somos colonia intelectual; si nos esforzamos podemos alcanzar muchas metas".<sup>57,58</sup> A éste le seguiría el doctor Héctor Peón Vidales (1928-2010), quien, en 1975, asistiría a un curso impartido por los doctores John Moe, Winter y Bradford, el cual produjo en él un interés especial, llevándole a especializarse en cirugía de columna en Minneapolis en el *Twin Cities Scoliosis Center*; al regresar a México, fundaría la Clínica de Escoliosis en el Centro Médico Nacional de Pediatría en 1973 y el Servicio de Escoliosis en el Hospital Magdalena de las Salinas.<sup>59</sup> En la Unidad de Escoliosis del Centro Médico Nacional sería maestro de muchos alumnos que llevarían la cirugía de columna a todo el país y quienes merecen ser mencionados como pioneros y parte importante en esta historia: doctores Rodolfo Ortiz Soto, Arturo Cueto Gómez, Rafael Mota Bolfeta, German Ochoa, Óscar Mendoza Lemus, César Alvarado. En 1976, el doctor Alfredo Ríos Leal (1931-2022) crearía la primera unidad para atención específica de toda clase de padecimientos de columna en el Centro Médico Nacional. El doctor Rodolfo Ortiz (1945-actualidad) fundaría el Módulo de Cirugía de Columna en el Servicio de Ortopedia en el Centro Médico Nacional de Occidente en Guadalajara, Jalisco, en 1980.<sup>60</sup> A su vez, el doctor Mendoza Lemus crearía el Módulo de Escoliosis en el Hospital Universitario en Monterrey, Nuevo León. Años después, los centros de columna en las tres principales ciudades del país darían capacitación a múltiples cirujanos. En la Ciudad de México se tendría un avance con la primera clínica de



**Figura 1:**

Eduardo Luque Rebollar presidente honorario de la Asociación Mexicana de Cirugía de Columna.



**Figura 2:** Fotografía del congreso en Miami, Florida. De izquierda a derecha: doctores Rodolfo Ortiz, Juan Méndez Huerta, Óscar Mendoza Lemus, Héctor Peón Vidales, Gabriel Virgilio Ortiz García y Manuel Dufoo.

trauma medular implementada por el doctor Manuel Dufoo Olvera (1949-actualidad), en 1985.<sup>61</sup> En 1990, se realiza un congreso Miami, Florida, en el cual se reunirían, por azares del destino, grandes maestros: Eduardo Luque, Héctor Peón, Juan Méndez Huerta, Rodolfo Ortiz, Manuel Dufoo, Óscar Mendoza Lemus y un joven entusiasta llamado Virgilio Ortiz.

En 1997, el doctor Michael Dittmar (quien realizaría su adiestramiento en diferentes países como Francia, Inglaterra y Alemania) regresaría a Guadalajara y propone organizar un punto de reunión llamado el "Club de amigos de la columna" quienes se reunirían para evaluar diferentes casos clínicos y continuar a la vanguardia de la cirugía de columna. Durante la reunión de FEMECOT de 1997, en Mérida, Yucatán, el doctor Michael Dittmar, secundado por el doctor Virgilio Ortiz, comenzarían a proponer a las diferentes personalidades de la cirugía de columna del país la necesidad de crear una sociedad de cirujanos de columna, y la mayoría les respondería que ellos realizaran la primera reunión. A finales del año, en Diciembre, se llevaría a cabo la reunión clave en el University Club en Guadalajara, Jalisco; allí lograrían coincidir las diferentes escuelas de columna de nuestra nación, y se concluiría que era necesario tener una asociación de cirujanos de columna, y sería fundada AMCICO (Asociación Mexicana de Cirugía de Columna), por estos dos jóvenes emprendedores junto a otros 52 miembros fundadores: Aguilar Vela Jorge, Anaya Vallejo Sergio, Broc Haro Guy Gilbert, Carballar Rivera Carlos Gilberto, Cardoso Monterrubio Alfredo, Cruz Gutiérrez Ricardo, Cruz López Francisco, Cueva Del Castillo Mendoza José Fernando, Chapa Sosa Roberto, Del Valle Robles Jesús Ramiro, Dufoo Olvera



Manuel, Flores Moreno Ramiro, García López Oscar Felipe, González Astudillo Gaspar, González Cornejo Salvador, González Mendieta Gustavo Martín, Hernández Huesca Jaime, Ladrón De Guevara Bocanegra Ciro Jesús, López Cavazos Catarino, Luque Rebollar Eduardo, Malo Camacho Víctor Hugo, Martínez Duhart Ernesto, Martínez Gutiérrez Óscar Armando, Martínez Salinas Pedro Alfonso, Medellín López Enrique, Méndez Huerta Juan Vicente, Miramontes Martínez Víctor Paul, Mora Castellón José De Jesús, Moreno Monter Laura, Naumann Flores José Ricardo, Ordoñez Conde Luis Eduardo, Ortiz Soto Rodolfo, Peón Vidales Héctor, Ramírez Gutiérrez Ramiro, Ramírez Jiménez Juan José, Ramírez Nogueira Mariano Francisco, Reyes Herrera Fortunato, Reyes Jácome Jesús Eduardo, Reyes Sánchez Alejandro Antonio, Rodríguez Díaz Daniel, Rodríguez Duarte Gerardo, Rodríguez Mendoza Luis Herminio, Rosales Olivares Luis Miguel, Rueda Alvarado Carlos Ricardo, Salazar Castillo Octavio Antonio, Salazar Juárez Marco Antonio, Sandoval Sánchez Víctor, Santillán Pacheco Antonio, Tejeda Barreras Martín, Villa Rodríguez Francisco Javier, Villanueva Rivera Pedro y Zamorano Bórquez Carlos Miguel (Mencionamos a todos por respeto a lo que representan en este país, ya que todos son una institución en nuestro gremio). Mediante votaciones, el primer presidente sería el Dr. Dittmar, el Dr. Rodríguez Mendoza como secretario y el Dr. Ortiz García como tesorero, además el Dr. Eduardo Luque sería nombrado como presidente honorario, por su trayectoria y aportaciones a la historia de la cirugía de columna a nivel mundial. En el año 2000, sería nombrado presidente el Dr. Virgilio Ortiz García con el Dr. Catarino López Cavazos como secretario y el Dr. Héctor Gómez Rodríguez como tesorero; ellos organizarían el primer encuentro AMCICO en 2000 en Isla Navidad con personalidades como Jean Dubousset, German Ochoa o Richard Fesser. La sociedad crecería año tras año hasta nuestros días, donde es una de las sociedades más importante en Latinoamérica. Gracias a la creación de AMCICO, se formarían las primeras escuelas de cirujanos de columna, un área de concentración de neurocirujanos y ortopedistas, que se convertirían en expertos de esta área.

En cuanto a tecnología en nuestro país, en 2013, llegaría el primer neuronavegador a Latinoamérica, siendo Guadalajara la sede de estancia, de la mano del Dr. Gabriel Virgilio Ortiz García quien realizó la primera cirugía neuronavegada en el país. Actualmente, la cirugía de alta tecnología se encuentra en crecimiento con técnicas como: neuronavegación (la cual cada

día es más recurrente), endoscopia o cirugía mínima invasiva, esperando una nueva generación de grandes médicos que puedan hacer crecer este gremio.

## AGRADECIMIENTOS

Agradecemos a los médicos que nos permitieron recolectar información para este artículo, especialmente al Dr. Rodolfo Ortiz por algunas de las imágenes usadas en este artículo y su incondicional apoyo.

## REFERENCIAS

1. Heary RF, Madhavan K. The history of spinal deformity. *Neurosurgery*. 2008; 63: 5-15.
2. Steinmetz MP, Berven SH, Benzel EC. *Benzel's spine surgery, techniques, prevention and management*. Cleveland: Elsevier; 2021.
3. Cho SK, Kim YJ. History of spinal deformity surgery part I: the pre-modern era. *Corean J Spine*. 2011; 8: 1-8.
4. Paulus A. *The seven books of Paulus Aegineta/ translated from the Greek, with a commentary embracing a complete view of the knowledge possessed by the Greeks, Romans, and Arabians on all subjects connected with medicine and surgery by Francis Adams*. London: Printed for the Sydenham society, 1844-1847.
5. Markatos K, Tsoucalas G, Sgantzos M, Arkoudi K. Ambroise Paré (1510-1590) and his contribution to the treatment of scoliosis. *Journal of Research on History of Medicine*. 2015; 4: 191-198.
6. Toledo IV. La manipulación de las deformidades. *Orthotips AMOT*. 2013; 9: 228-229.
7. Castro Osuna C, García de los Arcos MF, Rivera Castro J, Sáenz Carrete E. Perspectivas históricas. *Historical Perspectives, Perspectives*. *Historia Mexicana* [Internet]. 2001; L(4): 973-987. Recuperado de: <https://www.redalyc.org/articulo.oa?id=60050417>
8. Jurado LF, Murcia MI, Arias J, Sánchez L. Mal de Pott en un indígena colombiano [Pott's disease in a Colombian indigenous man]. *Biomedica*. 2015; 35: 454-461.
9. Delpech JM. *De l'orthomorphie, par rapport à l'espèce humaine: ou Recherches anatomico-pathologiques sur les causes, les moyens de prévenir, ceux de guérir les principales difformités et sur les véritables fondemens de l'art appelé: orthopédique*. Gabon; Vol. 1, 1828.
10. Sayre JW. Lewis Albert Sayre. *Spine (Phila Pa 1976)*. 1995; 20: 1091-1096.
11. Fernández VJM, Camacho GJ. Richard von Volkmann (1830-1889). *Acta Ortopédica Mexicana*. 2008; 22: 278-279.
12. Fardon D. One hundred seventy-five years ago in spine. *The Spine Journal*. 2003; 3: 32.
13. Meredith DS, Vaccaro AR. History of spinal osteotomy. *Eur J Orthop Surg Traumatol*. 2014; 24: S69-72.

14. Jain A, Hassanzadeh H, Strike SA, Menga EN, Sponseller PD, Kebaish KM. Pelvic fixation in adult and pediatric spine surgery: historical perspective, indications, and techniques: AAOs exhibit selection. *J Bone Joint Surg Am.* 2015; 97: 1521-1528.
15. Busch, U. Wilhelm Conrad Roentgen. El descubrimiento de los rayos X y la creación de una nueva profesión médica. *Rev Argent Radiol.* 2016; 80: 298-307.
16. Benloch JM, Garzaran ML. Deformidades congénitas de la columna vertebral. *Rev Esp Cir Osteoart.* 1993; 28: 101-114.
17. Vázquez JMF, Galindo JC. Arthur Steindler 1878-1964. *Acta Ortopédica Mexicana.* 2006; 20: 187-188.
18. Curbelo-Nova PC, Silveri C, Cuneo A. Escoliosis idiopática del adolescente, análisis postoperatorio. Serie de casos. *Rev Colomb Ortop Traumatol.* 2021; 35: 126-132.
19. Suezawa Y, Bernoski FP, Jacob HA. A comparison of the long term results of three types of posterior fusion of the lumbar spine for spondylolisthesis. *Int Orthop.* 1981; 5: 291-297.
20. Campbell WC. An operation for extra-articular fusion of the sacro-iliac joint. *Surg Gynecol Obstet.* 1927;45: 218-219.
21. Ghormley RK. Low back pain with special reference to the articular facets with present attention of an operative procedure. *JAMA* 1933; 101: 1773-1777.
22. Hibbs RA, Risser JC, Ferguson AB. Scoliosis treated by the fusion operation. An end-result study of three hundred and sixty cases. *J Bone Joint Surg (Am).* 1931; 13: 91-104.
23. Hall JE. Spinal surgery before and after Paul Harrington. *Spine (Phila Pa 1976).* 1998; 23: 1356-1361.
24. Eggers GWN. Berthold Earnest Hadra (1842-1903). *Clinical Orthopaedics.* 1961; 21: 32-42.
25. Erturer RE, Kilinc BE, Gokcen B, Erdogan S, Kara K, Ozturk C. The results of hemivertebra resection by the posterior approach in children with a mean follow-up of five years. *Adv Orthop.* 2017; 2017: 4213413.
26. Wiles P. Resection of dorsal vertebrae in congenital scoliosis. *J Bone Joint Surg Am.* 1951; 33: 151-154.
27. Blount WP: Scoliosis and the Milwaukee brace. *Bull Hosp Joint Dis.* 1958; 19: 152-165.
28. Desai SK, Brayton A, Chua VB, Luerksen TG, Jea A. The lasting legacy of Paul Randall Harrington to pediatric spine surgery: historical vignette. *J Neurosurg Spine.* 2013; 18: 170-177.
29. Asher M. Harrington and scoliosis. *J Neurosurg Spine.* 2013; 18: 534-535.
30. Cleveland M, Bosworth D, Thompson F. Pseudarthrosis of the lumbosacral spine. *J Bone Joint Surg.* 1948; 30A: 302.
31. Ponseti IV, Friedman B. Changes in the scoliotic spine after fusion. *J Bone Joint Surg Am.* 1950; 32: 751-766.
32. Ponseti IV, Friedman B: Prognosis in idiopathic scoliosis. *J Bone Joint Surg Am.* 1950; 32A: 381-395.
33. Pantoja TS, Chamorro LM. Escoliosis en niños y adolescentes. *Rev Méd Clín Las Condes.* 2015; 26: 99-108.
34. James JI, Lloyd-Roberts GC, Pilcher MF. Infantile structural scoliosis. *J Bone Joint Surg.* 1959; 41: 719-735.
35. Guerin J: Memoire sur les deviations simulees de l'epine et les moyens. *Gaz Med de Paris.* 1839; 7: 241-247.
36. Asher MA, Burton DC. Reflection: Paul Randall Harrington (1911-1980). *J Bone Joint Surg Am.* 2011; 93: e151.
37. Álvarez-Martínez MM, Rosales-Morales E, Valcarce-León JA. Manejo de la escoliosis de inicio temprano. *Acta Ortopédica Mexicana.* 2011; 25: 188-194.
38. Climent JM, Bagó J, Rodríguez-Ruiz C, Sánchez-Raya J, Mulet S, Cholbi F. Nueva estrategia para mejorar la medida de la calidad de vida en la escoliosis idiopática: adición de la dimensión de deformidad percibida al cuestionario de la Scoliosis Research Society (SRS-22). *Rehabilitación.* 2011; 45: 228-232.
39. Nickel VL, Perry J, Garrett A, Heppenstall M. The halo. A spinal skeletal traction fixation device. *J Bone Joint Surg Am.* 1968; 50: 1400-1409.
40. Dewald RL, Ray RD. Skeletal traction for the treatment of severe scoliosis. The University of Illinois halo-hoop apparatus. *J Bone Joint Surg Am.* 1970; 52: 233-238.
41. Kaneda K, Shono Y, Satoh S, Abumi K. New anterior instrumentation for the management of thoracolumbar and lumbar scoliosis. Application of the Kaneda two-rod system. *Spine.* 1996; 21: 1250-1262.
42. Cotrel Y, Dubousset J. A new technique for segmental spinal osteosynthesis using the posterior approach. *Rev Chir Orthop Reparatrice Appar Mot.* 1984; 70: 489-494.
43. Mena NE, Sorrick L. Monitoreo neurofisiológico intraoperatorio: utilidad y ventajas en cirugía de columna. *Rev Ecuat Neurol.* 2013; 22: 1-3.
44. Choreño-Parra JA, Carnalla-Cortés M, Flores-Vázquez JC, Ruíz-Rivero CO, Guadarrama-Ortiz P. Neuronavigation: imaging-guided neurosurgery. *Rev Mex de Neuroci.* 2018; 19: 83-93.
45. Mao JZ, Agyei JO, Khan A, Hess RM, Jowdy PK, Mullin JP, et al. Technologic evolution of navigation and robotics in spine surgery: a historical perspective. *World Neurosurg.* 2021; 145: 159-167.
46. Ahern DP, Gibbons D, Schroeder GD, Vaccaro AR, Butler JS. Image-guidance, robotics, and the future of spine surgery. *Clin Spine Surg.* 2020; 33: 179-184.
47. Kochanski RB, Lombardi JM, Laratta JL, Lehman RA, O'Toole JE. Image-Guided Navigation and Robotics in Spine Surgery. *Neurosurgery.* 2019; 84: 1179-1189.
48. Goldberg JL, Hartl R, Elowitz E. Minimally invasive spine surgery: an overview. *World Neurosurg.* 2022; 163: 214-227.
49. Patel PD, Canseco JA, Houlihan N, Gabay A, Grasso G, Vaccaro AR. Overview of minimally invasive spine surgery. *World Neurosurg.* 2020; 142: 43-56.
50. Jaikumar S, Kim DH, Kam AC. History of minimally invasive spine surgery. *Neurosurgery.* 2002; 51: S1-14.

51. Momin AA, Steinmetz MP. Evolution of minimally invasive lumbar spine surgery. *World Neurosurg.* 2020; 140: 622-626.
52. Kalidindi KKV, Sharma JK, Jagadeesh NH, Sath S, Chhabra HS. Robotic spine surgery: a review of the present status. *J Med Eng Technol.* 2020; 44: 431-437.
53. Gómez de Lara JL. Los iniciadores de la ortopedia en México. *Cir Gen.* 2016; 38: 95-104. Disponible en: [http://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S1405-00992016000200095&lng=es](http://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1405-00992016000200095&lng=es)
54. Sombras L. Historia de la cirugía. Available from: [https://www.secot.es/media/docs/actualidad/HISTORIA\\_DE\\_LA\\_CIRUGIA\\_1505.pdf](https://www.secot.es/media/docs/actualidad/HISTORIA_DE_LA_CIRUGIA_1505.pdf)
55. Bado J. Historia de la ortopedia [Internet]. Available from: [https://www.smu.org.uy/dpmc/hmed/historia/articulos/hist-ortopedia\\_bado1965.pdf](https://www.smu.org.uy/dpmc/hmed/historia/articulos/hist-ortopedia_bado1965.pdf)
56. Espinosa UE. Profesores de la ortopedia mexicana. *Ortho-tips.* 2008; 4: 4-6.
57. Cañedo-Robles S. No están todos los que son, pero sí son todos los que están. *Acta Ortop Mex.* 2014; 28: 73-76. [Recuperado en 08 de julio de 2023] Disponible en: [http://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S2306-41022014000200001&lng=es&tlng=es](http://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S2306-41022014000200001&lng=es&tlng=es)
58. Vázquez JMF, Galindo JC, Salas FSÁ. La ortopedia y traumatología en el Centro Médico ABC: historia. *An Med (Mex).* 2017; 62: 74-79.
59. Osornio JCG. Dr. Héctor Peón Vidales. *Columna/Columna,* 2010; 9: 90-90.
60. Jiménez ÁJM. Profesores de la Ortopedia Dr. Rodolfo Ortiz Soto. *Ortho-tips* 2012; 8 (4): 211-213.
61. Dufoo VM. Professors of Mexican Orthopedics. Professor Manuel Duffo Olvera. *Ortho-tips.* 2007; 3: 133-135.

**Conflicto de intereses:** no hay conflicto de intereses.



Julio-Septiembre 2023  
Vol. 1, núm. 3 / pp. 196-200

Recibido: 20 de Agosto de 2023  
Aceptado: 21 de Agosto de 2023

doi: 10.35366/112804

**Palabras clave:**  
investigación, índice,  
publicaciones, descriptores,  
buscadores.

**Keywords:**  
research, index, publications,  
descriptors, search engines.

# Análisis crítico de la literatura científica

## Critical analysis of scientific literature

José María Jiménez Ávila,\* Marlene Vanessa Salcido Reyna,† Liliana Paola Farfán Lara§

### RESUMEN

Actualmente existe un crecimiento exponencial de artículos científicos de contenido médico-quirúrgico alrededor del mundo; el cirujano de columna debe actualizar su conocimiento en la evidencia para mantener su práctica médica vigente. El médico debe tener la capacidad y las herramientas para acceder a la información y discernir los artículos con validez interna y externa, además de reconocer los riesgos de sesgos, esto se conoce como análisis crítico. El objetivo de este artículo es recordar las herramientas básicas y la ruta crítica para realizar desde la selección de plataformas para búsqueda, hasta la asimilación de las conclusiones como conocimiento adquirido. La primera fase es plantear el tema, llegar a un lugar requiere una dirección, entre más específica y delimitada sea, la selección de los artículos será más precisa, una manera de hacerlo es a través de la pregunta de investigación PICOT, usando como palabras claves, los términos incluidos. Ninguna plataforma es capaz de contener toda la información, la adecuada está relacionada con la búsqueda, preferencias, accesibilidad, idioma, tema y dominio de esta por el usuario. Como parte del proceso de análisis crítico de la literatura médica, es de gran importancia conocer el contexto de una revista indexada, ninguna revista posee la verdad absoluta ni avala la calidad y veracidad de la información que se expone en una publicación médica; sin embargo, asegura una revisión por pares y, por lo tanto, menor riesgo de sesgo. No es suficiente que el artículo sea publicado en la revista de factor de impacto para confiar en su validez, debe pasar por un proceso de análisis y reconocimiento antes de aceptar su contenido. Se pueden considerar tres componentes indispensables en la calidad de un artículo, validez interna, validez externa (valoración de la aplicabilidad) y la congruencia metodológica, el médico debe ser capaz de identificar y evaluar estos componentes.

### ABSTRACT

*Currently there is an exponential growth in the amount of medical-surgical scientific articles around the world, because of this the spine surgeon must update their evidence-based knowledge to maintain their medical practice in effect. The physician must have the ability and the tools to access the information and discern papers with internal and external validity, besides of recognizing the risk of bias, this known as critical analysis. The objective of these manuscript is to find the basic tools and the critical path to realize form the selection of searching platforms to the assimilation of the conclusions as acquired knowledge. The first phase is to rise the subject, getting to a place that requires a direction, the more specific and a delimited it is, the more precise the selection of articles; a way to achieve this is the investigation through the PICOT question, using as key words the included terms. No platform can contain all the information, the right one is related to the search, preferences, accessibility, language, subject and the domain of this by the user. As part of the process of the critical analysis of the medical literature, is of great importance knowing the context of indexed journals; No journal contains neither the absolute truth or validates the quality and veracity of the information that*

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

ORCID: 0000-0002-5532-5318

† Hospital General de Mexicali, Baja California, México.

ORCID: 0000-0002-6106-6228

§ Instituto Tecnológico y de Estudios Superiores de Monterrey, campus Guadalajara. Guadalajara, Jalisco, México.  
ORCID: 0009-0002-0919-9450

### Correspondencia:

José María Jiménez Ávila

E-mail: josemajimenez@tec.mx

**Citar como:** Jiménez ÁJM, Salcido RMV, Farfán LLP. Análisis crítico de la literatura científica. Cir Columna. 2023; 1 (3): 196-200. <https://dx.doi.org/10.35366/112804>





*is shown in a medical review. It's not enough that the article is published in a importance factor journal to believe in its validity, it must go through a process of analysis and recognition before accepting its content. We can considerate 3 indispensable components in the quality of an article, their internal and external validity, and the methodological congruence, the physician must be capable of identifying and evaluate these components.*

## INTRODUCCIÓN

El cirujano de columna debe mantener vigente su práctica médico-quirúrgica, basado en evidencia médica; el conocimiento científico está en movimiento continuo, no existen verdades únicas, la tecnología y los avances son dinámicos.

Reconocer el tipo de revista y su contenido, permite identificar la información y los artículos de mayor calidad, existen cuatro tipos de revistas: revistas de difusión, revistas indexadas, revistas con factor de impacto y revistas depredadoras. No todo lo que está en las revistas científicas se considera una verdad absoluta; existen artículos que por sus características se mantienen vigentes, incluso llegan a considerarse como clásicos y otros no logran atravesar la prueba del tiempo, volviéndose obsoletos, aunque estén publicados en una revista de alto impacto (Tabla 1).

El análisis crítico de la literatura tiene el objetivo de identificar hasta qué punto un artículo puede considerarse confiable; éste es un proceso que se origina desde el análisis de la idea del trabajo, los objetivos, la metodología utilizada y los resultados obtenidos, para definir si las conclusiones a las que ha llegado el autor coinciden con el resultado de su análisis y así reconocer un potencial error de un estudio por un sesgo sistemático o de confusión, estableciendo una sentencia de condición, es decir, hasta qué punto un artículo puede considerarse “confiable”;<sup>1,2</sup> por ejem-

plo, si el trabajo es de tipo descriptivo, no se pueden establecer conclusiones de causalidad, por la metodología aplicada.

### Conocimientos teóricos necesarios para hacer un análisis crítico

Una vez identificado el artículo que consideramos “confiable”, después de una búsqueda eficiente y avanzada, se debe evaluar de manera crítica desde el punto de vista metodológico, antes de aceptar la validez de contenido.

Por lo que se deben identificar estos tres elementos:

1. Variable dependiente, independiente e interviniente.
2. Tipo de estudio.
3. Nivel de evidencia y grados de recomendación.

### Variable

El elemento principal en el artículo científico es aquello “medible y observable”, es decir, es la cualidad, propiedad o característica de las personas o cosas en un estudio, que puede ser enumerado o medido cuantitativa o cualitativamente y que varía de un sujeto a otro.

Dentro de los tipos de variables, tenemos que identificar la variable Independiente, mejor conocida como “factor de riesgo”, la variable Dependiente conocida como “resultado o efecto” y la variable Interviniente

Tabla 1: Tipos de revistas científicas, de acuerdo con el impacto.

Objetivo	Tipo de publicación	Pares	Index	Impacto
Difusión	Tiene el objetivo de difundir (boletín). <b>No</b> tiene comité de pares. Revistas <b>sin</b> factor de impacto	No	No	No
Indexadas	Se encuentra en PubMed o en otro Buscador. Tiene <b>comité</b> de pares. Revistas <b>sin</b> factor de impacto	Sí	Sí	No
Impacto	Contenidas en el <i>Journal Citation Report</i> (Thomson Reuter) Tiene <b>comité</b> de pares, <i>revisión estricta</i> (% de artículos rechazados). Revistas <b>con</b> factor de impacto	Sí	Sí	Sí
Depredadoras	Invita a los autores por correo electrónico. Garantizan la publicación (\$) <b>No</b> tiene comité de pares Revistas <b>sin</b> factor de impacto	No	No	No

que puede ser una variable independiente, pero con diferente valor o diferente asociación.<sup>2</sup>

### Tipo de estudio

Los estudios se clasifican de acuerdo con el tiempo, al seguimiento y tipo de manipulación de la variable, de la siguiente manera:

1. Descriptivos o analíticos: seguimiento a un grupo, a dos o más grupos.
2. Prospectivos o retrospectivos: seguimiento hacia adelante o atrás en el tiempo.
3. Longitudinal o transversal: seguimiento lineal como si fuera un video o seguimiento en una sola toma como si fuera una fotografía.
4. Observacional o experimental: sin manipulación o con manipulación.

De acuerdo con la teoría de la causalidad se pueden clasificar de manera ordinal en los tipos de estudio mostrado en la *Figura 1*.

### Nivel de evidencia y grado de recomendación

Al mismo tiempo, cada tipo de estudio tiene un lugar y un valor en la escala de la evidencia de Shekelle (*Tabla 2*).<sup>3</sup>

### Index y la información que aporta

Una revista indexada es una publicación periódica de investigación que demuestra una alta calidad y ha sido listada en alguna base de datos de consulta mundial (*Figura 2*), lo que habitualmente trae de la mano que la publicación tenga factor de impacto (FI).

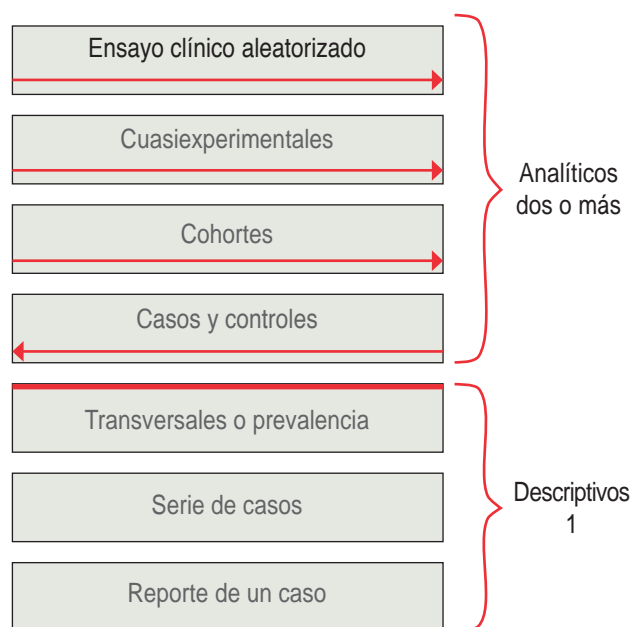
Los más consultados son:

**Artemisa:** índice de revistas científicas que incluye 53 títulos de revistas con más de 9,000 artículos en texto completo, índice de citas ligado con la base de datos Medigraphic.

**Latindex:** proporciona información bibliográfica y cualitativa sobre las revistas académicas, impresas y en línea, que se publican en Iberoamérica y el Caribe, incluyendo revistas iberoamericanas editadas en países fuera de la región.<sup>4</sup>

**Lilacs:** abarca índice de la literatura científica en Salud de América Latina y del Caribe.

**Redalyc:** incluye publicaciones de los países de América Latina y el Caribe, España y Portugal, así



**Figura 1:** Tipos de estudios.

**Tabla 2:** Nivel de evidencia de Shekelle.

I.a. Evidencia para metaanálisis de estudios clínicos aleatorios	A. Directamente basada en evidencia categoría I
I.b. Evidencia de por los menos un estudio clínico controlado aleatorio	
II.a. Evidencia de por lo menos un estudio controlado no aleatorio	B. Directamente basada en evidencia categoría II o recomendaciones extrapoladas de evidencia categoría I
II.b. Al menos otro tipo de estudio cuasiexperimental o estudio de cohorte	
III. Evidencia de un estudio descriptivo no experimental, tal como estudios comparativos, estudios de correlación, casos y controles Revisiones clínicas	C. Directamente basada en evidencia categoría III o en recomendaciones extrapoladas de evidencia categoría I o II
IV. Evidencia de comité de expertos, reportes, opiniones o experiencia clínica de autoridades en la materia o ambas	D. Directamente basada en evidencia categoría IV o de recomendaciones extrapoladas de evidencia categoría I o II

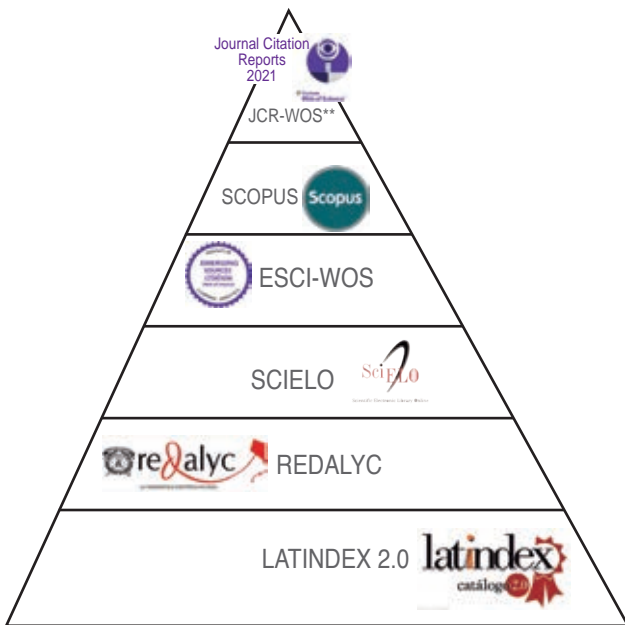


Figura 2: Pirámide de indexación de revistas científicas.

como revistas científicas editadas fuera de esta región sobre temas latinoamericanos, también incluye publicaciones de países como Alemania, Dinamarca, Estados Unidos y Polonia.

SciELO (*Scientific Electronic Library Online*): es un modelo de publicación electrónica que permite el acceso a revistas científicas a texto completo y que opera como una red de bibliotecas de ciencias de la salud de Latinoamérica, constituida por los diferentes sitios SciELO.

Scopus: contiene, citas de Elsevier con más de 3,700 revistas indexadas de *Gold Open Access*, más de 210,000 libros y más de ocho millones de actas de congresos, más de ocho millones de documentos en *open access*, también incluye “*Articles in Press*” de más de 5,500 títulos y cubre 40 idiomas.

Web of Science (WoS): es una base de datos multidisciplinar de referencias bibliográficas que proporciona acceso a las colecciones electrónicas de *Clarivate Analytics* (hasta 2017 Thomson Reuters y antes ISI) y que permite la búsqueda conjunta en todas sus bases de datos.

Ovid: es parte del grupo de empresas de Wolters Kluwer, brinda acceso a bases de datos bibliográficas en línea, revistas académicas y otros productos, principalmente en el área de las ciencias de la salud.

PubMed: es un motor de búsqueda de libre acceso que permite consultar los contenidos de la base de datos de MEDLINE.

Cochrane: es una organización que reúne a un grupo de investigadores de ciencias de la salud de más de 30,000 voluntarios en más de 90 países que aplican un riguroso y sistemático proceso de revisión de las intervenciones en salud.<sup>5</sup>

### Etapas del análisis crítico de la literatura

*Primera etapa.* Valorar si el artículo escogido es útil, partiendo de su respuesta a la pregunta de investigación.<sup>6</sup>

*Segunda etapa.* Identificar la validez:

1. Validez interna: proximidad de la verdad (valorar la metodología y el diseño empleado y que los resultados sean congruentes y no sean sesgados).
2. Impacto: tamaño del efecto, está relacionado con la significancia estadística  $p < 0.05$ .
3. Validez externa o aplicabilidad: utilidad analizando en la práctica o la reproducibilidad de los resultados (Figura 3).<sup>7</sup>

*Tercera etapa.* Determinar si el artículo tiene “congruencia metodológica” esto es, que el artículo contenga una relación directa entre el título, los objetivos y el diseño de estudio sin que exista lugar a dudas.

Una vez finalizado el análisis, el artículo deberá ser sometido a una evaluación utilizando las guías y consensos definidas para cada tipo de estudio<sup>8</sup> (Figura 4).

### CONCLUSIONES

El análisis crítico adecuado debe estar basado en el conocimiento de: los tipos de revistas, los index

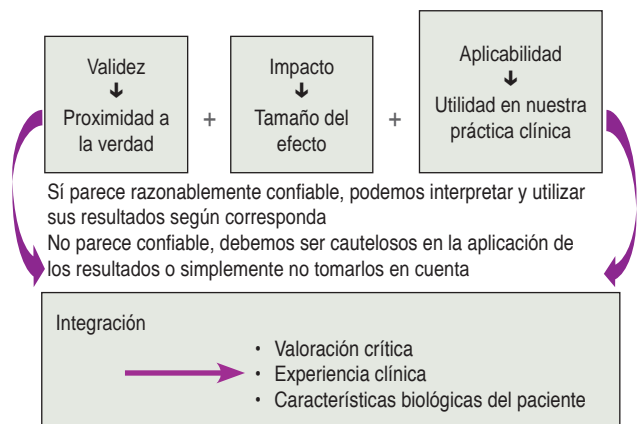
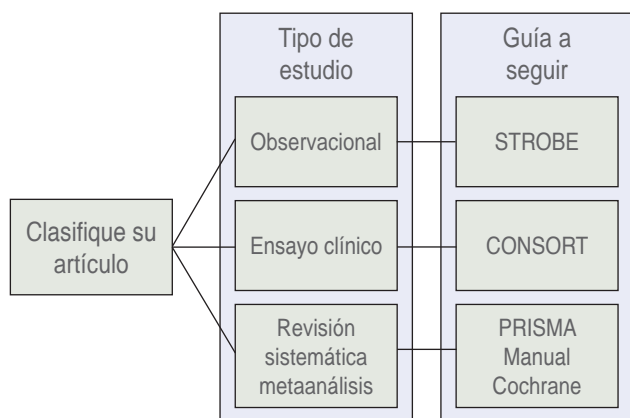


Figura 3: Etapas en la validación del artículo publicado.



**Figura 4:** Guías de evaluación y consenso de acuerdo con el tipo de estudio.

donde se les localiza y en una revisión estricta de las características del artículo, desde la identificación de sus elementos, las variables su validez e impacto.

Es importante conocer las características metodológicas que tienen los tipos de estudio y categorizarlos de acuerdo con el nivel de evidencia, el análisis hacia la congruencia metodológica debe tomar en cuenta la posible aplicabilidad del estudio y, por último, reconocer las guías de evaluación y consenso para validar los contenidos de los diferentes tipos de artículos.

Estos puntos permiten identificar artículos confiables, cuyas conclusiones y resultados se pueden interpretar y ser utilizados en investigaciones y en la práctica diaria. En el caso de no parecer un artículo confiable, su aplicación o su valor, debe ser utilizado con reserva.

Este análisis es el que realiza un comité editorial de las revistas en su revisión por pares, el cual es un proceso que se basa en la confianza y la calidad de los revisores, lo que garantiza que la investigación publicada sea significativa y original.

El revisor es capaz de detectar sesgos, diseños insatisfactorios y problemas éticos, que pueden amenazar la investigación y proporcionar retroalimentación a los autores para mejorar el diseño.

Una revisión adecuada lleva tiempo, ya que debe examinar los elementos y su aplicación. La revisión crítica estructurada que se presentó en este artículo permite analizar las fortalezas y debilidades de un estudio, mejorar la revisión en menos tiempo y mantener la calidad de las publicaciones científicas.

## REFERENCIAS

1. Falavigna A, Blauth M, Kates SL. Critical review of a scientific manuscript: a practical guide for reviewers. *J Neurosurg.* 2018; 128: 312-321.
2. Jiménez AJM, Falavigna A. Educación en investigación. De la medición a la interpretación. *Bioestadística quirúrgica.* Cap 3, 2018, 29-32.
3. Falavigna A, Jiménez Avila JM. Educación en Investigación. De la idea a la Publicación. Cap 6, 2015, 83-96.
4. Shekelle P, Woolf S, Eccles M, Grimshaw J. Clinical guidelines: developing guidelines *BMJ.* 1999; 318: 593-596.
5. Gamboa JO, Reyna Espinosa FR. Revistas académicas mexicanas. *Panorama y prospectiva. Ciencias Sociales.* 2016; 22: 181-191.
6. Manterola DC, Pineda NV, Vial GM, Losada MH. Revisión crítica de la literatura para artículos de terapia. *Rev Chil Cir.* 2004; 56: 556-604.
7. Manterola C, Pineda V, Grupo MINCIR. El valor de “p” y la significancia estadística”. Aspectos generales y su valor en la práctica clínica. *Rev Chil Cir.* 2008; 60: 89-99.
8. Von EE, Altman DG, Egger M, Pocock SJ, Gotszche PC, Vandenbroucke JP. Declaración de la Iniciativa STROBE (Strengthening the Reporting of Observational studies in Epidemiology): directrices para la comunicación de estudios observacionales. [The Strengthening the Reporting of Observational Studies in Epidemiology [STROBE] statement: guidelines for reporting observational studies]. *Gac Sanit.* 2008; 22: 144-150.

**Conflicto de intereses:** los autores no tienen ningún conflicto de intereses en relación con este manuscrito.





