



Abril-Junio 2024
Vol. 2, núm. 2 / pp. 90-96

Recibido: 27 de Marzo de 2024
Aceptado: 05 de Abril de 2024

doi: 10.35366/115857



Palabras clave:
enfermedad degenerativa
lumbar, enfermedad del
segmento adyacente, fusión
lumbar, factores de riesgo.

Keywords:
lumbar degenerative disease,
adjacent segment disease,
lumbar fusion, risk factors.

* Fellow del Curso de Alta
Especialidad en Cirugía de
Columna, Hospital Médica Sur.
ORCID: 0000-0003-1668-1560

† Jefe del Curso de Alta
Especialidad en Cirugía de
Columna, Hospital Médica Sur.
ORCID: 0000-0001-7653-3004

§ Profesor titular del Curso de
Alta Especialidad en Cirugía de
Columna, Hospital Médica Sur.
ORCID: 0009-0002-2841-1015

¶ Residente de cuarto año de
Ortopedia, Hospital General
del Estado de Sonora.

|| ORCID: 0009-0003-1170-6543

** ORCID: 0009-0002-3985-9317

Correspondencia:
Javier Andrés Martínez Silva
E-mail: dr.javiermartinezsilva@
gmail.com

Patología del segmento adyacente lumbar. Una revisión actualizada

Lumbar adjacent segment pathology. An updated review

Javier Andrés Martínez Silva,* Ramiro Del Valle Robles,† Javier Avendaño Méndez Padilla,§
Jesús Ernesto Valdez Aguilar,¶|| Alexis Agustín Altamirano Carrizosa¶,**

RESUMEN

Con el desarrollo de nuevas técnicas de manejo quirúrgico para las patologías de columna lumbar, la artrodesis y la fusión intersomática han presentado un importante aumento en su incidencia, ocasionando una mayor preocupación por las posibles complicaciones postoperatorias. La patología del segmento adyacente lumbar es una causa importante de insatisfacción y discapacidad, la cual puede condicionar una cirugía de revisión. La unidad funcional espinal es el punto clave de la biomecánica de la columna, en la cual, al presentar disfuncionamiento de alguna de sus estructuras, se favorece el desarrollo de una cascada degenerativa, que tendrá como consecuencia una entidad patológica. A nivel internacional se han postulado múltiples factores de riesgo para presentar esta entidad como son: 1) tipo de abordaje (clásico o mínimamente invasivo); 2) balance sagital, coronal y espinopélvico; 3) técnica de artrodesis intersomática; 4) fusión flotante; 5) lesión facetaria transquirúrgica; 6) técnica de descompresión; 7) técnica de estabilización; 8) longitud de fusión; 9) género; 10) edad; 11) índice de masa corporal; 12) sarcopenia; 13) osteoporosis; 14) degeneración discal adyacente previa y 15) tropismo facetario. Sin embargo, no todos han tenido asociación significativa, por lo cual, para poder esclarecer este panorama, en el presente estudio se realizó una revisión actualizada de la fisiopatología y de los factores de riesgo que favorecen la presentación de la patología del segmento adyacente lumbar.

ABSTRACT

With the development of new surgical management techniques for lumbar spine pathologies, arthrodesis and interbody fusion have presented a significant increase in their incidence, causing greater concern about possible postoperative complications. Pathology of the lumbar adjacent segment is an important cause of dissatisfaction and disability, which can condition revision surgery. The spinal functional unit is the key point of the biomechanics of the spine, in which the dysfunction of any of its structures favors the development of a degenerative cascade, which will result in a pathological entity. At an international level, multiple risk factors have been postulated to present this entity, such as: 1) type of approach (classical or minimally invasive); 2) sagittal, coronal and spinopelvic balance; 3) interbody arthrodesis technique; 4) floating fusion; 5) transsurgical facet injury; 6) decompression technique; 7) stabilization technique; 8) fusion length; 9) gender; 10) age; 11) body mass index; 12) sarcopenia; 13) osteoporosis; 14) previous adjacent disc degeneration and 15) facet tropism. However, not all of them have had a significant association, so in order to clarify this panorama, in the present study, an updated review of the pathophysiology and risk factors that favor the presentation of pathology of the lumbar adjacent segment was carried out.

Citar como: Martínez SJA, Del Valle RR, Méndez PJA, Valdez AJE, Altamirano CAA. Patología del segmento adyacente lumbar. Una revisión actualizada. Cir Columna. 2024; 2 (2): 90-96. <https://dx.doi.org/10.35366/115857>



Abreviaturas:

AF = anillo fibroso.
 AST = área de sección transversal.
 BC = balance coronal.
 BEP = balance espinopélvico.
 BS = balance sagital.
 DSA = degeneración del segmento adyacente.
 ESA = enfermedad del segmento adyacente.
 IC95% = intervalo de confianza al 95%.
 IG = infiltración grasa.
 IMC = índice de masa corporal.
 IP = incidencia pélvica.
 LL = lordosis lumbar.
 NP = núcleo pulposo.
 OR = odds ratio.
 PSAL = patología del segmento adyacente lumbar.
 RR = riesgo relativo.
 UFE = unidad funcional espinal.

INTRODUCCIÓN

La enfermedad degenerativa lumbar (EDL) es un motivo importante de consulta a nivel mundial, y el tratamiento quirúrgico más aceptado es la artrodesis. Sin embargo, el artrodesar uno o más segmentos se asocia con la presencia de la patología del segmento adyacente lumbar (PSAL), la cual es una causa importante de insatisfacción y discapacidad, motivo por el cual, si se identifican los factores de riesgo asociados, sería posible tomar consideraciones para prevenir y/o disminuir la presentación de la misma.¹

La PSAL engloba dos entidades: 1) Degeneración del segmento adyacente (DSA) y 2) Enfermedad del segmento adyacente (ESA).

La primera se refiere a los cambios radiográficos que suceden en los niveles adyacentes al sitio de artrodesis; en cambio, la segunda añade los signos y síntomas resultantes de dichos cambios (dolor radicular, axial, facetario, entre otros).

La incidencia de DSA es muy variable dependiendo de las series estudiadas, generalmente esto sucede en 5.2-100%; en cambio, la ESA se registra en 5.2-18.5% de los casos y se estima que al año se presenta en 1-3.9% de los casos y a 10 años entre 22.2-36.1%.^{2,3}

La tasa de revisión quirúrgica sucede en una pequeña parte (2-15%) de los que presentan ESA.⁴

En este artículo presentamos una revisión actualizada de la fisiopatología y de los factores de riesgo publicados a nivel mundial para así concluir cuáles se asocian a la presentación de la PSAL.

FISIOPATOLOGÍA

Es indispensable comprender que esta entidad inicia a nivel de la unidad funcional espinal (UFE), la cual está formada por dos vértebras, disco intervertebral,

y complejos ligamentarios (longitudinal anterior, posterior, capsular, amarillo, interespinoso, y supra-espinoso). La UFE permite el soporte, la distribución adecuada de las cargas y la protección del tejido nervioso; cuando alguna de estas estructuras presenta disfunción, las demás se ven sometidas a sobrecarga lo que favorece el inicio y/o progresión de la cascada degenerativa de la UFE.⁵

Cada UFE tiene una función y un comportamiento establecido. Recordemos que al estar en bipedestación la UFE absorbe 500-800 N los cuales se distribuyen de la siguiente manera: 75-80% elementos anteriores y 20-25% elementos posteriores.

Cuando la carga llega al disco sano, ésta es compartida de la siguiente forma: 75% al núcleo pulposo (NP) y 25% al anillo fibroso (AF) (*Figura 1*). Sin embargo, cuando el disco está en alguna fase de degeneración, el porcentaje de carga aumenta en el anillo, lo que desencadena lesión del mismo y genera que el vector T de la carga incrementa hacia los elementos posteriores (*Figura 2*).^{6,7}

Por ejemplo, la carga se distribuye de la siguiente manera al estar en bipedestación:

1. **Sujeto sano:** la UFE absorbe 800 N = 81.5 kg; 65 kg son distribuidos por los elementos anteriores de la siguiente forma: NP 48 kg, AF 17 kg y a los elementos posteriores: 16.5 kg (*Figura 3*).
2. **Sujeto con degeneración discal:** el anillo y los elementos posteriores están condicionados a un mayor porcentaje de la carga: la UFE absorbe 800 N = 81.5 kg, 49 kg son distribuidos por los elementos anteriores de la siguiente manera: NP 24.5 kg, AF 24.5 kg y a los elementos posteriores: 32.5 kg (*Figura 4*).

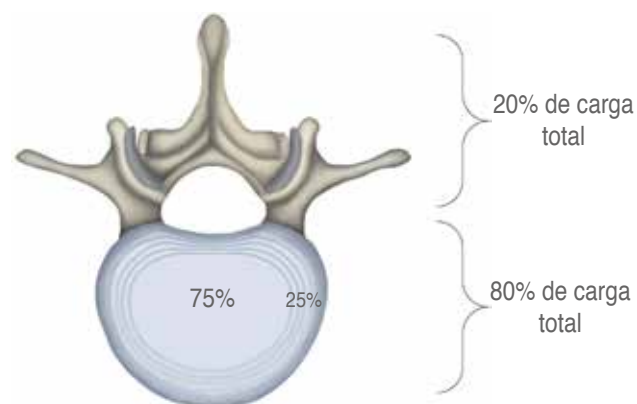


Figura 1: Vista axial, distribución normal de la carga en modelo sano.

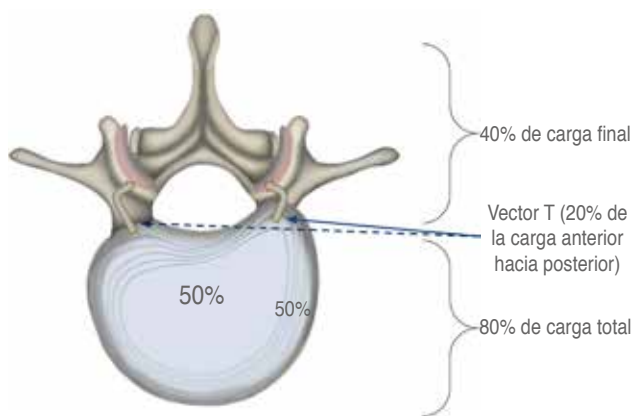


Figura 2: Vista axial, distribución anómala de la carga en modelo con degeneración discal.

De esta forma se pueden entender las fases de la degeneración discal lumbar (DDL) como lo explicó Gullbrand.⁸

La distribución de estas cargas en la UFE se ve modificada por la degeneración y después de realizar fusiones lumbares ya que el eje instantáneo de rotación cambia en comparación al modelo sano (Figura 5), lo que aumenta la carga en el segmento cefálico a la fusión entre 45-73%.

Por consiguiente, conforme la UFE entra en fase de degeneración discal lumbar *de novo* o secundaria a una fusión lumbar suceden cambios que pueden conllevar a DSA o ESA.⁹⁻¹¹

Se han descrito múltiples factores de riesgo; para su mejor comprensión los hemos dividido en independientes y dependientes del cirujano de columna.

A. Factores independientes:

Género: algunos autores han tenido resultados heterogéneos en cuanto a si algún género tiene mayor riesgo de PSA; sin embargo, la incidencia en metaanálisis no fue diferente entre mujeres y hombres (odds ratio [OR] = 0.91; intervalo de confianza al 95% [IC95%] = 0.75-1.11; $p = 0.36$; $I^2 = 0\%$).^{12,13}

Edad: ha sido relacionada como un riesgo;¹⁴ no obstante, en estudios actualizados y con mejor evidencia, se ha demostrado que no hay relación directa estadísticamente significativa ($p = 0.67$).^{12,13,15}

Índice de masa corporal (IMC): a partir de $> 25 \text{ kg/m}^2$ existe una relación directamente proporcional con la incidencia de PSA.^{13,16}

Sarcopenia: se ha asociado a la PSA; sin embargo, lo que tiene evidencia significativa es la infiltración

grasa de la musculatura paravertebral $> 15\%$ y un área de sección transversal menor por grupo etario estudiado (OR: 1,080, $p = 0.044$).^{17,18}

Osteoporosis: en algunos estudios se ha relacionado con PSA; pero en otros no se relaciona de manera directa (OR = 1.00; IC95% = 0.64-1.57; $p = 0.99$; $I^2 = 0\%$), sino que se asocia a riesgo de falla biomecánica del sistema de instrumentación.^{13,19}

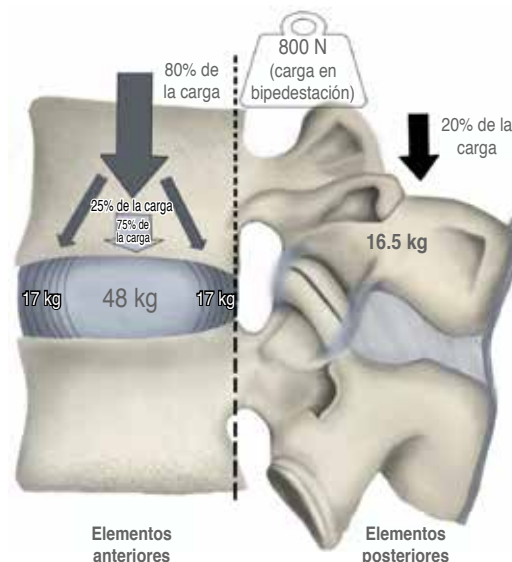


Figura 3: Vista sagital, distribución normal de la carga en modelo sano.

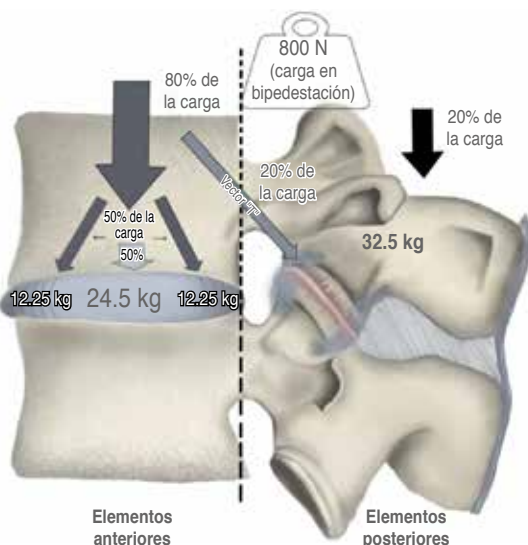


Figura 4: Vista sagital, distribución anómala de la carga en modelo con degeneración discal.

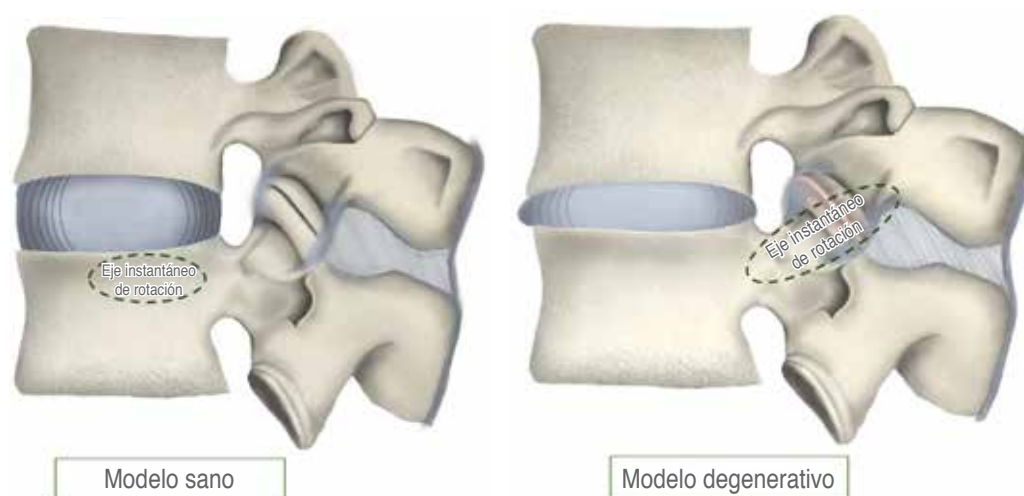


Figura 5: Vista sagital, localización del eje instantáneo de rotación.

Degeneración discal lumbar previa: la degeneración discal mayor al grado III de Pfirrmann se relaciona con la presencia de DSA en múltiples publicaciones;^{18,20} sin embargo, en otras publicaciones de estudios biomecánicos, las fuerzas de estrés son igualmente toleradas en segmentos degenerados en comparación con segmentos sanos.

Tropismo facetario: algunos estudios han estudiado esta variable, pero no se ha asociado a la PSA.^{21,22}

B. Factores dependientes:

Abordaje (abierto, mínimo invasivo): una de las ventajas de los abordajes mínimamente invasivos es la preservación de la musculatura y del complejo ligamentario, es por ello que una disección amplia favorecerá la presencia de PSA.^{1,23}

Balance sagital (BS): el disbalance sagital (DS) (> 50 mm) se asocia al aumento de PSA.¹³

Balance espinopélvico (BEP): al igual que el disbalance sagital, el disbalance espino pélvico (DEP) incrementa la sobrecarga de los segmentos adyacentes, la disminución de la lordosis lumbar (LL), incidencia pélvica (IP), y pendiente sacra (PS) incrementa el riesgo de PSA al igual que el aumento de la inclinación pélvica (InP).²⁴

Balance coronal (BC): a pesar de que existen menos publicaciones sobre el riesgo de PSA, está demostrado que un disbalance > 30 mm favorece su presentación.²⁵

Técnica de artrodesis: existen distintas series que han relacionado las técnicas intersomáticas con

mayor riesgo de PSA; sin embargo, los estudios más actualizados y con mejor metodología no aprueban esta asociación, por lo cual una fusión intersomática anterior, oblicua, lateral, transforminal y posterior tienen el mismo riesgo de PSA.¹³

Fusión flotante: se refiere a la fusión de la columna lumbar que termina en L5 y se asocia a un riesgo relativo (RR) de 1.7 de PSA L5-S1.

Lesión facetaria: ésta es una de las variables con mayor asociación a la PSA, se ha publicado un riesgo relativo > 10 comparado contra no lesionar el complejo facetario.

Descompresión inadecuada: esto es un error al momento de descomprimir, que genera inestabilidad iatrogénica. La resección > 1/3 parte del complejo facetario, hemilaminectomía de dos segmentos continuos o laminectomía completa de un segmento, se asocia con un riesgo relativo > 1.7 veces.^{1,13,24,26}

Estabilización dinámica: se han hecho múltiples comparaciones con distintos sistemas dinámicos (interespinosos, pediculares e interlaminares) en algunos se ha demostrado que disminuye la PSAL (la DSA, pero no la ESA); sin embargo, al analizar las publicaciones que afirman dichos resultados la metodología no ha sido adecuada.²⁷⁻²⁹

Técnica de instrumentación transpedicular: las técnicas donde el sitio de inserción es más cerca del complejo facetario se asocian con la PSAL por lesión del mismo.^{14,15,18}

Longitud de fusión: existe una asociación entre la longitud de la fusión, a partir de tres o más segmentos.³⁰

DISCUSIÓN

La artrodesis lumbar ha ido en aumento durante la última década y sobre todo las técnicas de fusión inter-somática con cajas; sin embargo, las complicaciones mecánicas postoperatorias (PSAL) son una realidad y una preocupación constante para los cirujanos de columna, por ello cada vez existen más investigaciones y nuevas tecnologías para tratar de disminuirlas.

Los que cuentan con evidencia suficiente para asociarlos a la PSAL y tenerlos en cuenta son:

Factores independientes: índice de masa corporal y sarcopenia, el resto de los factores no se han demostrado que se asocien de manera directa.

El índice de masa corporal se relaciona con la sobrecarga de los segmentos, motivo por el cual favorece la degeneración discal lumbar y, al tener uno o más segmentos artrodesados, la carga y el estrés aumentan en los segmentos adyacentes, presentando un riesgo relativo de 1.9.

La sarcopenia es un factor muy importante debido a que la musculatura paravertebral es un estabilizador dinámico de la UFE en toda la extensión de la columna. En los últimos años se ha estudiado al músculo multifido (M), al erector espinal (EE) y al psoas mayor (PM) para comprender mejor el comportamiento de ellos en las patologías lumbares. Se ha encontrado que una disminución del área de sección transversal (AST) y la infiltración grasa (IG) se correlacionan con dolor lumbar, hernia discal, estenosis vertebral, espondilolistesis, enfermedad del segmento adyacente, entre otros.

Por esto es importante valorar el AST y la IG, ya que, si existe menor AST y mayor IG, habrá una disminución de la estabilidad de la UFE lo que incrementa su degeneración; esto se ha visto a partir de IG en el músculo multifido $> 25\%$ y en los músculos paravertebrales $> 15\%$.^{17,18,31}

Factores dependientes: tipo de abordaje, balance sagital, coronal, espinopélvico, lesión del complejo facetario, descompresión inadecuada, técnicas de instrumentación transpedicular y longitud de la instrumentación.

La importancia de la disección de la columna se ha estudiado y, si bien la diferencia entre los abordajes de mínima invasión contra los tradicionales indica que existen beneficios importantes, particularmente en el grado de lesión de la musculatura del erector espinal y del multifido, en los estudios donde se han analizado estas variables el AST y la IG se ven menos afectadas en los primeros; la causa de estos hallazgos es que,

al lesionar menos las estructuras de tensión posterior estáticas/ dinámicas (musculatura, unión miotendinosa, fascia toracolumbar y complejo ligamentario posterior), la recuperación es mejor y, por lo tanto, la UFE se ve menos comprometida y por ello la tasa de PSAL se presenta en menor cantidad.

El balance de la columna vertebral (balances sagital, coronal y espinopélvico) tiene un efecto significativo sobre los resultados clínicos y funcionales. Es importante recordar que la relación espinopélvica (REP) está directamente relacionada con el balance sagital; por ello, al tener un balance espinopélvico alterado, esto se refleja con cambios en la alineación sagital, lo que favorece un gasto de energía mayor para compensar y, por ende, en fatiga muscular crónica que se manifestará como dolor paravertebral. Estos cambios se han demostrado con resonancia magnética nuclear (RMN) con mayor infiltración grasa en el músculo multifido, pero sin cambios en el AST debido al cambio adaptativo en las cadenas musculares, lo que favorece que la movilidad de la UFE aumente y las cargas sean mayores en el AF y el complejo facetario, lo que acelerará la degeneración.

Los parámetros que más influyen en la DSA son: IP-LL $> 15^\circ$, inclinación pélvica $> 21^\circ$, pendiente sacra $< 30^\circ$, balance sagital $> \pm 50$ mm, balance coronal > 30 mm.

El incluir S1 en las instrumentaciones lumbares lógicamente anula el riesgo de DSA del segmento L5-S1; sin embargo, favorece la degeneración de la articulación sacroiliaca, aumenta el riesgo de pseudoartrosis L5-S1 y limita los mecanismos de compensación espinopélvicos. Estos motivos son suficientes para no instrumentar de manera deliberada S1 cuando no se requiere; sin embargo, en algunos casos esto es inevitable y se debe de incluir en la fusión.

La violación del complejo facetario, ya sea por una técnica subóptima de descompresión o de instrumentación, favorece una cascada de sobrecarga en los distintos componentes de la UFE y con ello aumenta la incidencia de PSAL.

El descomprimir de manera amplia un segmento que no está instrumentado favorece la inestabilidad y con ello la PSAL.

La longitud de la fusión influye de manera negativa porque el artrodesar más número de segmentos aumenta de manera exponencial la carga en la UFV adyacente; por ello se ha demostrado que el incluir más de tres segmentos incrementa la incidencia de PSAL, pero en caso de desbalance (por ejemplo, en escoliosis) este último es más importante que el número

de niveles fusionados, ya que tiene más sobrecarga biomecánica que un nivel fusionado.

La mayoría de los estudios publicados hasta el día de hoy carecen de una metodología adecuada, lo cual es una limitación evidente; sin embargo, con base en la literatura actualizada existente, pudimos realizar algunas recomendaciones que ayudarán a los cirujanos de columna a tener en cuenta para poder prevenir y/o disminuir la incidencia de PSAL.^{13,18,25,26,29,30}

AGRADECIMIENTOS

A los profesores y compañeros por su apoyo en la elaboración y revisión de este trabajo.

REFERENCIAS

- Pinto EM, Teixeira A, Frada R, Oliveira F, Atilano P, Veigas T, Miranda A. Patient-Related Risk Factors for the Development of Lumbar Spine Adjacent Segment Pathology. *Orthop Rev (Pavia)*. 2021; 13: 24915. doi: 10.52965/001c.24915.
- Sears WR, Sergides IG, Kazemi N, Smith M, White GJ, Osburg B. Incidence and prevalence of surgery at segments adjacent to a previous posterior lumbar arthrodesis. *Spine J*. 2011; 11: 11-20. doi: 10.1016/j.spinee.2010.09.026.
- Okuda S, Yamashita T, Matsumoto T, Nagamoto Y, Sugiura T, Takahashi Y, et al. Adjacent segment disease after posterior lumbar interbody fusion: A case series of 1000 patients. *Global Spine J*. 2018; 8: 722-727. doi: 10.1177/2192568218766488.
- Ghiselli G, Wang JC, Bhatia NN, Hsu WK, Dawson EG. Adjacent segment degeneration in the lumbar spine. *J Bone Joint Surg Am*. 2004; 86: 1497-1503. doi: 10.2106/00004623-200407000-00020.
- Boos N, Weissbach S, Rohrbach H, Weiler C, Spratt KF, Nerlich AG. Classification of age-related changes in lumbar intervertebral discs: 2002 Volvo Award in basic science. *Spine (Phila Pa 1976)*. 2002; 27: 2631-2644. doi: 10.1097/00007632-200212010-00002.
- Nachemson A, Morris JM. In vivo measurements of intradiscal pressure. discometry, a method for the determination of pressure in the lower lumbar discs. *J Bone Joint Surg Am*. 1964; 46: 1077-1092.
- Malakoutian M, Volkheimer D, Street J, Dvorak MF, Wilke HJ, Oxland TR. Do in vivo kinematic studies provide insight into adjacent segment degeneration? A qualitative systematic literature review. *Eur Spine J*. 2015; 24: 1865-1881. doi: 10.1007/s00586-015-3992-0.
- Gullbrand SE, Peterson J, Mastropolo R, Roberts TT, Lawrence JP, Glennon JC, et al. Low rate loading-induced convection enhances net transport into the intervertebral disc in vivo. *Spine J*. 2015; 15: 1028-1033. doi: 10.1016/j.spinee.2014.12.003.
- Eck JC, Humphreys SC, Lim TH, Jeong ST, Kim JG, Hodges SD, et al. Biomechanical study on the effect of cervical spine fusion on adjacent-level intradiscal pressure and segmental motion. *Spine (Phila Pa 1976)*. 2002; 27: 2431-2434. doi: 10.1097/00007632-200211150-00003.
- Lopez-Espina CG, Amirouche F, Havalad V. Multilevel cervical fusion and its effect on disc degeneration and osteophyte formation. *Spine (Phila Pa 1976)*. 2006; 31: 972-978. doi: 10.1097/01.brs.0000215205.66437.c3.
- Maiman DJ, Kumaresan S, Yoganandan N, Pintar FA. Biomechanical effect of anterior cervical spine fusion on adjacent segments. *Biomed Mater Eng*. 1999; 9: 27-38. PMID: 10436851.
- Duan PG, Mummaneni PV, Guinn JMV, Rivera J, Berven SH, Chou D. Is the Goutallier grade of multifidus fat infiltration associated with adjacent-segment degeneration after lumbar spinal fusion? *J Neurosurg Spine*. 2020; 34: 190-195. doi: 10.3171/2020.6.SPINE20238.
- Mesregah MK, Yoshida B, Lashkari N, Abedi A, Meisel HJ, Diwan A, et al. Demographic, clinical, and operative risk factors associated with postoperative adjacent segment disease in patients undergoing lumbar spine fusions: a systematic review and meta-analysis. *Spine J*. 2022; 22: 1038-1069. doi: 10.1016/j.spinee.2021.12.002.
- Lee JC, Kim Y, Soh JW, Shin BJ. Risk factors of adjacent segment disease requiring surgery after lumbar spinal fusion: comparison of posterior lumbar interbody fusion and posterolateral fusion. *Spine (Phila Pa 1976)*. 2014; 39: E339-345. doi: 10.1097/BRS.000000000000164.
- Makino T, Honda H, Fujiwara H, Yoshikawa H, Yonenobu K, Kaito T. Low incidence of adjacent segment disease after posterior lumbar interbody fusion with minimum disc distraction. *Medicine*. 2018 Jan;97(2):e9631. DOI: 10.1097/MD.0000000000009631.
- Wang H, Ma L, Yang D, Wang T, Liu S, Yang S, et al. Incidence and risk factors of adjacent segment disease following posterior decompression and instrumented fusion for degenerative lumbar disorders. *Medicine (Baltimore)*. 2017; 96: e6032. doi: 10.1097/MD.0000000000006032.
- Dachuan L, Xiao L, Guangyu X, Jian S, Minghao S, Feizhou L, et al. Correlation between paravertebral muscle atrophy and facet joint morphological changes and adjacent segmental disease after lumbar fusion [J]. *Chin J Orthop*. 2022, 42: 1292-1300. doi: 10.3760/cma.j.cn121113-20220819-00452.
- Kim JY, Ryu DS, Paik HK, Ahn SS, Kang MS, Kim KH, et al. Paraspinal muscle, facet joint, and disc problems: risk factors for adjacent segment degeneration after lumbar fusion. *Spine J*. 2016; 16: 867-875. doi: 10.1016/j.spinee.2016.03.010.
- Zhong ZM, Deviren V, Tay B, Burch S, Berven SH. Adjacent segment disease after instrumented fusion for adult lumbar spondylolisthesis: Incidence and risk

- factors. *Clin Neurol Neurosurg*. 2017; 156: 29-34. doi: 10.1016/j.clineuro.2017.02.020.
20. Wang T, Ding W. Risk factors for adjacent segment degeneration after posterior lumbar fusion surgery in treatment for degenerative lumbar disorders: a meta-analysis. *J Orthop Surg Res*. 2020; 15: 582. doi: 10.1186/s13018-020-02032-7.
21. Throckmorton TW, Hilibrand AS, Mencia GA, Hodge A, Spengler DM. The impact of adjacent level disc degeneration on health status outcomes following lumbar fusion. *Spine (Phila Pa 1976)*. 2003; 28: 2546-2550. doi: 10.1097/01.BRS.0000092340.24070.F3.
22. Sun Z, Li W, Guo Y, Zhou S, Xu F, Chen Z, et al. [Effect of pre-existing adjacent segment degeneration on short-term effectiveness after lumbar fusion surgery]. *Zhongguo Xiu Fu Chong Jian Wai Ke Za Zhi*. 2019 Jul 15;33(7):837-844. Chinese. doi: 10.7507/1002-1892.201903114.
23. Chang SY, Chae IS, Mok S, Park SC, Chang BS, Kim H. Can Indirect Decompression Reduce Adjacent Segment Degeneration and the Associated Reoperation Rate After Lumbar Interbody Fusion? A Systemic Review and Meta-analysis. *World Neurosurg*. 2021; 153: e435-e445. doi: 10.1016/j.wneu.2021.06.134.
24. Hashimoto K, Aizawa T, Kanno H, Itoi E. Adjacent segment degeneration after fusion spinal surgery-a systematic review. *Int Orthop*. 2019; 43: 987-993. doi: 10.1007/s00264-018-4241-z.
25. Cho KJ, Suk SI, Park SR, Kim JH, Jung JH. Selection of proximal fusion level for adult degenerative lumbar scoliosis. *Eur Spine J*. 2013; 22: 394-401. doi: 10.1007/s00586-012-2527-1.
26. Lau KKL, Samartzis D, To NSC, Harada GK, An HS, Wong AYL. Demographic, Surgical, and Radiographic Risk Factors for Symptomatic Adjacent Segment Disease After Lumbar Fusion: A Systematic Review and Meta-Analysis. *J Bone Joint Surg Am*. 2021; 103: 1438-1450. doi: 10.2106/JBJS.20.00408.
27. Wang W, Sun X, Zhang T, Sun S, Kong C, Ding J, et al. Comparison between topping-off technology and posterior lumbar interbody fusion in the treatment of chronic low back pain: A meta-analysis. *Medicine (Baltimore)*. 2020; 99: e18885. doi: 10.1097/MD.00000000000018885.
28. Zhou LP, Zhang RJ, Wang JQ, Zhang HQ, Shang J, Gao Y, et al. Medium and long-term radiographic and clinical outcomes of Dynesys dynamic stabilization versus instrumented fusion for degenerative lumbar spine diseases. *BMC Surg*. 2023; 23: 46. doi: 10.1186/s12893-023-01943-6.
29. Sun X, Chen Z, Sun S, Wang W, Zhang T, Kong C, et al. Dynamic stabilization adjacent to fusion versus posterior lumbar interbody fusion for the treatment of lumbar degenerative disease: A meta-analysis. *Biomed Res Int*. 2020; 2020: 9309134. doi: 10.1155/2020/9309134.
30. Burch MB, Wieggers NW, Patil S, Nourbakhsh A. Incidence and risk factors of reoperation in patients with adjacent segment disease: A meta-analysis. *J Craniovertebr Junction Spine*. 2020; 11: 9-16. doi: 10.4103/jcvjs.JCVJS_10_20.
31. Suo M, Zhang J, Sun T, Wang J, Liu X, Huang H, et al. The association between morphological characteristics of paraspinal muscle and spinal disorders. *Ann Med*. 2023; 55: 2258922. doi: 10.1080/07853890.2023.2258922.

Conflicto de intereses: ninguno de los autores tiene conflicto de intereses.