

# Tratamiento mínimamente invasivo para la raquiostenosis lumbar

## Endoscopic treatment for lumbar spinal stenosis

**Carlos Sajama<sup>1</sup>, Gustavo Zomosa<sup>1</sup>, Lucas González-Johnson<sup>2</sup>, Mario Castillo<sup>1</sup>**

<sup>1</sup>Neurcirujano, Unidad de Neurocirugía, Hospital Clínico de la Fuerza Aérea de Chile. Santiago, Chile.

<sup>2</sup>Médico Cirujano, Alumno doctorado en ciencias médicas y especialidad-neurocirugía, Facultad de Medicina, Universidad de Chile. Santiago, Chile.

### Resumen

La raquiostenosis lumbar es una patología que ha ido aumentando a la par con el envejecimiento de la población. Es un trastorno degenerativo que produce una estrechez del canal raquídeo con la compresión de las estructuras nerviosas que generan dolor y déficit neurológico incapacitante en los estados avanzados. La causa es multifactorial y su patogenia principal es hipertrofia facetaria o del ligamento amarillo, herniaciones o protrusiones discales, formaciones osteofíticas o la asociación con la espondilolistesis degenerativa. Siendo la principal causa de cirugía de columna en los mayores de 65 años las técnicas de cirugía mínimamente invasivas y últimamente la endoscopia de columna, ofrece la ventaja de producir menos daño muscular y óseo, menos dolor, menos sangramiento, menor requerimiento de analgesia postoperatoria, posibilita la reincorporación laboral precoz, acorta la estadía hospitalaria con un bajo índice de complicaciones.

**Palabras clave:** Raquiostenosis lumbar, adulto mayor, cirugía mínimamente invasiva, endoscopia.

### Abstract

Lumbar spinal stenosis is a pathology that has been increasing along with the aging of the population. It is a degenerative disorder that produces a narrowing of the spinal canal with compression of the nerve structures that generate pain and disabling neurological deficit in advanced stages. The cause is multifactorial and its main pathogenesis is facet or yellow ligament hypertrophy, disc herniations or protrusions, osteophytic formations or the association with degenerative spondylolisthesis. Being the main cause of spinal surgery in those over 65 years of age, minimally invasive surgical techniques and lately spinal endoscopy, offers the advantage of producing less muscle and bone damage, less pain, less bleeding, less requirement for post-operative analgesia, enables early return to work, shortens hospital stay with a low rate of complications.

**Key words:** Spinal stenosis; minimal invasive surgical techniques, spinal endoscopy.

---

#### Correspondencia a:

Dr. Carlos Sajama  
Avenida Las Condes 8631, Las Condes, Santiago, Chile.  
teléfono +56998878874  
csajama@gmail.com

## Introducción

Con el incremento de la expectativa de vida de la población la enfermedad degenerativa de la columna también ha aumentado<sup>1-4</sup>.

La raquiestenosis (RE) o estenosis del canal lumbar es un trastorno degenerativo caracterizado por un estrechamiento del canal vertebral, del receso lateral, foraminal o extraforaminal que fue descrita por primera vez en 1954 por el neurocirujano holandés Henk Verbiest<sup>5-7</sup>.

Generalmente, las RE son de causa multifactorial, resultante de la combinación de cambios degenerativos secundarios al envejecimiento y procesos inflamatorios postmicrotraumas<sup>6</sup>. La causa más frecuente es la espondilosis que típicamente afecta a adultos sobre 60 años<sup>8</sup>. Dentro de la anatomopatología causal más frecuente se encuentran: hipertrofas o quistes facetarios o del ligamento amarillo, herniaciones del disco; formación de osteofitos y espondilolistesis degenerativa. Pueden ser causas aisladas o combinaciones de ellas<sup>6</sup>. Staats y cols. en una serie de 274 pacientes encontraron que 95% de ellos presentaba hasta 5 comorbilidades espinales<sup>9</sup>

El mecanismo patogénico fue descrito por Kirkaldy-Willis en 3 etapas: Disfunción, inestabilidad y estabilización posterior y se inicia alrededor de la tercera década de vida<sup>5,6</sup>. Este proceso culmina con compresión neurológica y vascular sintomática, caracterizada por dolor lumbar y radicular, cuyo síntoma más característico se denomina claudicación neurogénica<sup>5,6</sup>. Un síntoma muy específico<sup>10</sup> y que consiste en la aparición o aumento progresivo de dolor, parestesias y/o paresia de las extremidades inferiores durante la deambulación, que se alivia con el reposo y/o la flexión de la columna<sup>5,11,12</sup>. Su principal localización por frecuencia es a nivel L4-L5, luego L3-L4, L2-L3 y finalmente L5-S1<sup>13</sup>.

La RE es la principal causa de cirugía de columna lumbar en personas mayores de 65 años<sup>3,4,6</sup>. Es más frecuente en hombres en quienes se presenta generalmente entre los 50 y 70 años<sup>5</sup>. Los datos de su incidencia son variables, en distintas series: entre 1,7% a 13,1%<sup>5</sup> hasta 3 a 12/100.000 adultos mayores año<sup>6</sup>. La incidencia de RE es mayor en imágenes, y se presenta como un hallazgo hasta en 20% de personas asintomáticas entre los 60 y 80 años<sup>5</sup>. El diagnóstico es clínico apoyado por imágenes (RX, TC y RNM)<sup>6</sup>.

El TC permite el estudio de la estructura ósea de la columna y se pueden evaluar dimensiones del canal, además se pueden encontrar anomalías congénitas o adquiridas que en su conjunto pueden determinar una raquiestenosis como son la espondilolistesis secundaria a espondilolisis de los pedículos vertebrales. Las dimensiones normales a nivel de columna lumbar en TC son de al menos: 11,5 mm diámetro antero-posterior; 16 mm distancia interpeduncular; 1,45 cm<sup>2</sup> área transversal del canal<sup>14</sup>.

La RNM es el estudio imagenológico de elección ya que permite tener visualización tanto de estructuras neurales como de la pérdida de señal en secuencias T2W1 en las zonas donde existe estenosis como de los ligamentos adyacentes, no es tan bueno para evaluar tejido óseo por lo que normalmente se solicita en conjunto con el CT de columna. Hay que tomar en cuenta que existen anomalías que son asintomáticas y pueden corresponder al 33% de los pacientes

entre los 50 y 70 años<sup>10</sup>.

Respecto al rol diagnóstico de la RNM<sup>15</sup>; existen múltiples criterios utilizados para definir estenosis espinal y no existe consenso diagnóstico<sup>16</sup>. Entre esos criterios se incluye área de canal intraespinal menor de 76 y 100 mm<sup>2</sup> para identificar estenosis severa y moderada respectivamente<sup>17</sup>.

El trabajo de Dowling separa los pacientes con RE lumbar en 4 grupos según las RNM: tipo I - estenosis central del canal (área transversal < 100 mm<sup>2</sup>), tipo II - estenosis del receso lateral, tipo III - estenosis foraminal y tipo IV - estenosis extraforaminal con fin de identificar el abordaje endoscópico ideal<sup>18</sup>.

## Métodos

Se realizó una revisión narrativa empleando la base de datos MEDLINE; se utilizaron los términos ("Minimally Invasive Surgical Procedures"[Mesh]) AND ("Spinal Stenosis"[Mesh]) en la búsqueda de artículos. Se incluyeron trabajos originales y revisiones relevantes para la práctica clínica actual, con énfasis en el tratamiento quirúrgico mínimamente invasivo de la raquiestenosis lumbar. El presente documento tiene por objetivo presentar evidencia disponible en torno a las distintas técnicas e invitar al lector a familiarizarse con estos procedimientos mínimamente invasivos como alternativas a cirugía convencional.

## Resultados

### Tratamiento no quirúrgico

El tratamiento de la RE es importante ya que afecta la calidad de vida por tratarse de un cuadro de alto potencial incapacitante, y abarca varias opciones<sup>3,6</sup>. El manejo conservador consiste en el uso de analgésicos, antiinflamatorios, relajantes musculares y fisioterapia entre otros<sup>5</sup>. En general, el tratamiento conservador precede al tratamiento quirúrgico, salvo en pacientes con déficit neurológico progresivo (especialmente el síndrome de cauda equina) en que se indica descompresión quirúrgica más urgente<sup>19</sup>.

### Tratamiento quirúrgico

#### Selección de pacientes

La decisión de tratamiento quirúrgico requiere una consideración cuidadosa de los posibles riesgos y beneficios. Existe evidencia de alta calidad limitada para basar las recomendaciones de tratamiento por lo que la experiencia del tratante y las preferencias de los pacientes deben tener un gran peso en la decisión de un tratamiento quirúrgico para RE<sup>20</sup>.

Varios estudios han identificado diversos factores predictores del resultado quirúrgico de RE<sup>21-29</sup>. Una revisión sistemática identificó los siguientes factores predictores negativos (depresión, dismovilidad por otras causas, comorbilidad cardiovascular y escoliosis) y positivos (sexo masculino, edad joven, estenosis del canal significativa, menor comorbilidad, mejor percepción/autoevaluación de salud, mejor capacidad para caminar) a tratamiento quirúrgico de RE lumbar<sup>24</sup>. El

hábito tabáquico se asocia a resultados quirúrgicos negativos como pseudoartrosis y retraso cicatrización; el abandono del hábito tabáquico es beneficioso en mejorar los resultados postquirúrgicos<sup>30-33</sup>. En un estudio observacional de 357 pacientes sometidos a artrodesis, la tasa de pseudoartrosis en quienes suspendieron el hábito tabáquico por 6 o más meses de la cirugía es similar a los no fumadores y significativamente menor a quienes persistieron fumando (17 vs 14 vs 26%)<sup>34</sup>. Los pacientes obesos tienen mayor riesgo de complicaciones intra y postoperatorias<sup>35</sup> pero interesantemente, tienen un beneficio de la cirugía comparable a pacientes no obesos<sup>36-39</sup>.

Algunos estudios sugieren que un hallazgo de un signo de sedimentación positiva (falla en el asentamiento por gravedad de raíces nerviosas lumbosacras al obtener imágenes en posición supina) en la RNM es predictor de mala respuesta a tratamiento conservador<sup>40,41</sup>. Al análisis por subgrupos en un estudio randomizado, evidencio que estos pacientes pueden tener mejor respuesta a tratamiento quirúrgico<sup>42</sup>.

### Técnicas quirúrgicas

Existen múltiples técnicas quirúrgicas para RE lumbar: laminectomía descompresiva de uno o varios niveles con o sin facetectomías, foraminotomías, flabectomías y artrodesis posterior del segmento lumbar, entre otras. En esta revisión se comenta en detalle el tratamiento mínimamente invasivo.

### Procedimientos mínimamente invasivos para cirugía de columna (MICC)

Existe un gran interés en el desarrollo de procedimientos mínimamente invasivos para cirugía de columna (MICC) como la descompresión lumbar percutánea o la descompresión lumbar mínimamente invasiva, siendo la técnica quirúrgica preferida en la actualidad<sup>6,43,44</sup>. Uno de los pioneros fue el equipo de Kambin y cols, hace más de 30 años<sup>45</sup>. El avance técnico e imagenológico ha permitido su mayor difusión y aplicación<sup>46</sup>, evolucionando con uso de endoscopios de distintos tamaños y uso de motores de alta velocidad para acortar el tiempo quirúrgico<sup>2,43,44</sup>. El principio clave de la cirugía mínimamente invasiva es evitar el daño a tejidos circundantes mediante la preservación de inserciones tendinosas de los principales músculos, disección por planos anatómicos de los compartimientos neurovasculares y musculares y minimizar las lesiones de tejidos blandos mediante el uso de retractores de bajo perfil que limitan el ancho de incisión sin impedir la profundidad de alcance<sup>47</sup>.

Estos procedimientos de fenestración como laminectomías, laminectomías bilaterales y facetectomías parciales (con o sin técnicas de fusión) producen menos daño muscular y óseo, menor pérdida hemática, menos dolor, menor pérdida de líquido cefalorraquídeo, posibilita una rehabilitación precoz, acorta la estadía hospitalaria, menor inestabilidad postoperatoria y presenta un bajo índice de complicaciones<sup>3,6,48-56</sup>. Adicionalmente, es un procedimiento de descompresión ambulatorio menos costoso y complejo comparado con las técnicas tradicionales<sup>44</sup>.

Los 4 pilares fundamentales de la MICC son: a) uso técnicas microquirúrgicas (microscopio y endoscopio); b) uso retractores tubulares y otros retractores especializados para establecer pasillos de trabajo y evitar daños colaterales

a los tejidos; c) uso técnicas de imagen y navegación como complemento importante para localización de regiones diana, colocar implantes, placas y tornillos de columna, dada los menos puntos de referencia y visualización limitada y d) desarrollo de implantes y guías especializadas para la instrumentación de todas las regiones de la comuna mediante abordajes anterior, posterior y lateral<sup>57</sup>.

### Procedimientos MICC de solo descompresión

Estos procedimientos pueden ser usados para aliviar la compresión neural cuando predomina una clínica de claudicación neurogénica o radicular con fuente localizable. Está descompresión focal de raíz nerviosa lumbar es una aplicación ideal de MICC. Dentro de estos grupos de técnicas de incluyen: hemilaminotomía-foraminotomía y microdiscectomía; laminotomía unilateral para descompresión bilateral y descompresión endoscópica.

### Procedimientos MICC fusión

Existe una gran variedad de procedimientos MICC de fusión lumbar: TLIF, ALIF, LLIF, TLIF endoscópico sin anestesia general (TLIFe despierto)<sup>58</sup>.

### Evidencia de MICC

En un ensayo aleatorizado multicéntrico realizado en Noruega, 885 pacientes con RE lumbar tuvieron resultados similares al año independiente del tratamiento de microdescompresión o laminectomía, también las tasas de complicaciones fueron similares entre los grupos luego del emparejamiento, pero se observaron estancias hospitalarias más cortas en pacientes tratados con microdescompresión<sup>59</sup>.

En la revisión sistemática de Goldstein y cols., con objetivo de comparar la efectividad clínica y tasa de efectos adversos en cirugía mínimamente invasiva *versus* fusión posterior lumbar o abordaje abierto transforaminal; se incluyeron más de 1.600 pacientes y se evidencio que en promedio hubo un 60% menos de probabilidades de complicaciones perioperatorias (cardíacas, respiratorias, infección urinaria o necesidad de transfusión) en el grupo con intervención mínimamente invasiva (RR 0,39 IC95% 0,23-0,69 p = 0,001). Además, considerando todas las posibles complicaciones (excepto la re-operación), los pacientes tratados por vía mínimamente invasiva tuvieron 40% menos de probabilidades de tener una complicación de cualquier tipo comparado con cirugía convencional (RR 0,63 IC95% 0,47-0,85 p = 0,002). Dentro de los beneficios estadísticamente evidenciados en este metaanálisis destaca una menor pérdida hemática intraoperatoria (en promedio 260 mL menos), deambulación precoz (en promedio 3,5 días antes), alta temprana (en promedio 2,8 días antes) en favor de las técnicas mínimamente invasivas<sup>60</sup>. El tiempo operatorio no mostró diferencias, aunque en algunas series el tiempo ha sido mayor en especial en los primeros casos secundario a la curva de aprendizaje. Se estima que el número de cirugías para lograr un entrenamiento adecuado oscila entre 32-44 casos<sup>61-63</sup>. No obstante, Lewandrowski et al, a través de un cuestionario para evaluar el entrenamiento de esta técnica, encontraron que, dentro de los profesionales

que respondieron, un alto número manifestó como obstáculo la falta de entrenamiento formal; la formación en becas en cirugía de columna mínimamente invasiva es poco común en la actualidad<sup>44</sup>.

En relación con su eficacia, varias series describen mejoras significativas (pre - postoperatoria) a través de la evaluación de la disminución del dolor y mejoría funcional, evaluados a través de la escala visual análoga (EVA) y el índice de discapacidad de Oswestry (IDO), respectivamente. En el trabajo de Kim et al, reportaron una disminución estadísticamente significativa ( $p < 0,001$ ) del dolor en extremidad inferior (EVA  $7,41 \pm 1,07$  vs  $1,89 \pm 0,90$ ) y de columna (EVA  $5,7 \pm 1,1$  vs  $2,5 \pm 0,52$ ) así como una mejoría en la funcionalidad (IDO  $65,13 \pm 24,21$  vs  $24,21 \pm 3,0$ ) ya en el postoperatorio inmediato<sup>3</sup>. Rosen y cols., refieren una disminución significativa del dolor en extremidad inferior tras la cirugía (EVA  $5,7 \pm 3,7$  vs  $2,3 \pm 2,8$   $p < 0,001$ ), columna (EVA  $5,7 \pm 3,4$  vs  $2,2 \pm 2,4$   $p < 0,001$ ) y mejora en funcionalidad (IDO  $48 \pm 20$  vs  $27 \pm 19$   $p < 0,001$ )<sup>64</sup>. En el estudio de Staats y cols., se informó una mejoría promedio de IDO de 19,5 puntos en su serie; con mejoría significativa IDO de al menos 10 puntos en el 72,4% de pacientes seguidos por 2 años<sup>9</sup>.

### Técnica de foraminotomía y discectomía percutánea endoscópica transforaminal (PTED)

Uno de los pioneros en endoscopia de columna fue Kambin al proponer un corredor transforaminal seguro dejando raíz nerviosa saliente en forma perpendicular a la visión de endoscopio y raíz transversa en forma horizontal, dicho triángulo formado permite tener acceso al foramen sin dañar estructuras nerviosas<sup>45,65</sup>. En este mismo abordaje hay dos autores que marcan un punto de quiebre de cómo ingresar al foramen, la técnica desde afuera hacia adentro (Outside-in) desarrollada por Dr. Hoogland con su sistema THESSYS (Thomas Hoogland Endoscopic Spine System) en el año 1994. Y la otra técnica desde el disco hacia afuera (Inside-out) técnica impulsada por Dr. Yeung con su sistema YESS (Yeung Endoscopic Spine System) en 1998. En la actualidad una mescla de ambas técnicas es la que la mayoría de los cirujanos endoscópicos de columna realizan (Figuras 1 y 2).

Esta descompresión se realiza bajo sedación y con anestesia local. El paciente se encuentra en posición prono sobre una férula blanda que evita la compresión abdominal y así disminuir el sangrado operatorio de venas epidurales. Se realiza una incisión de 1,5 cm paramediana y se inserta un trocar espinal 18G 10 a 12 cm de la línea media en la zona de seguridad (triángulo de Kambin), luego el dilatador y cánula de trabajo de 9 mm donde se posiciona el endoscopio de 20° (para nivel L3-L4) con un canal de trabajo de 4,1mm.

De acuerdo con Hoogland<sup>66,67</sup>, en pacientes con protrusión discal que en conjunto con la estenosis foraminal estrechan aún más la salida radicular; puede realizarse una discectomía del segmento<sup>44,68-74</sup>.

La descompresión endoscópica incluye la remoción de la pars interarticular rostral, la unión del complejo facetario y el proceso supra articular distal por arriba del pedículo. Se utilizan motores de alta velocidad con fresas para una resección ósea suficiente. El elemento crucial de esta técnica es la visualización directa de la raíz saliente y transversa, al tener

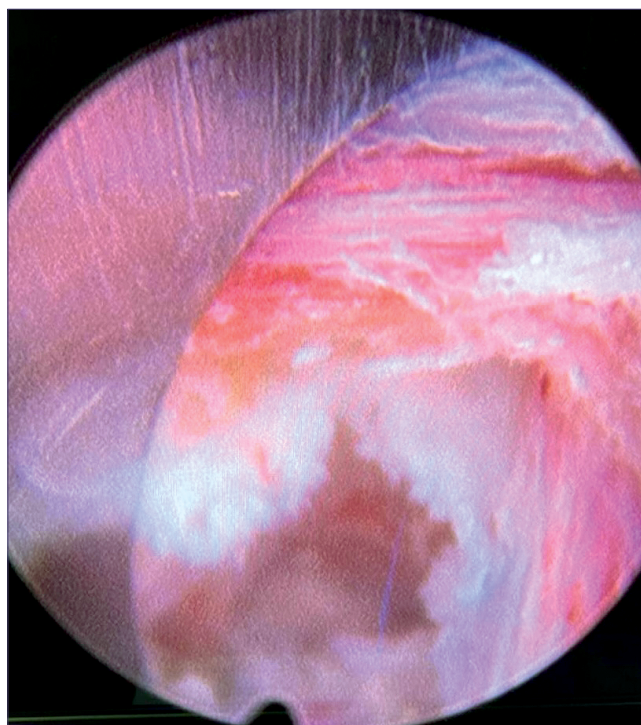


Figura 1. Vista endoscópica de raíz saliente y transversa.

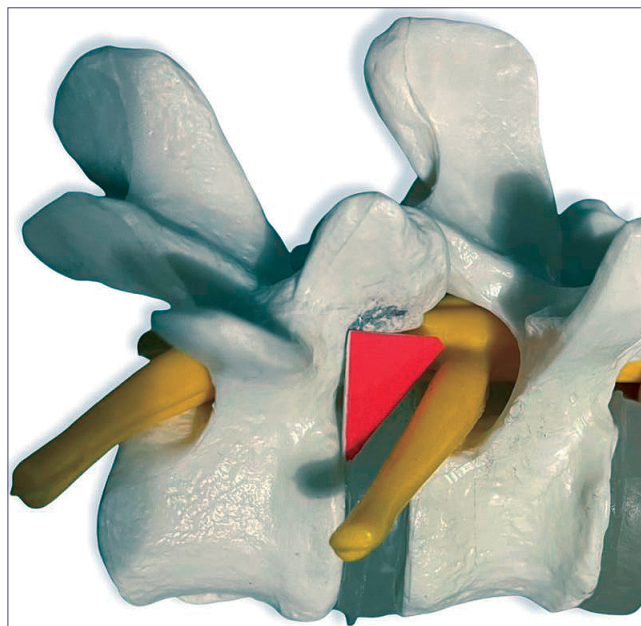


Figura 2. Triángulo de Kambin.

a la vista las estructuras nerviosas disminuye riesgo de irritación del ganglio de la raíz dorsal con la consiguiente secuela dolorosa. Al realizar estas técnicas con sedación y anestesia local se puede tener información al instante si existe irritación nerviosa y permite descomprimir en forma segura. Nuestro equipo quirúrgico cuenta con experiencia validada en nuestra institución para la técnica de foraminotomía endoscópica bajo sedación<sup>75</sup> (Figuras 3 y 4).



Figura 3. Fresado proceso articular superior (SAP).

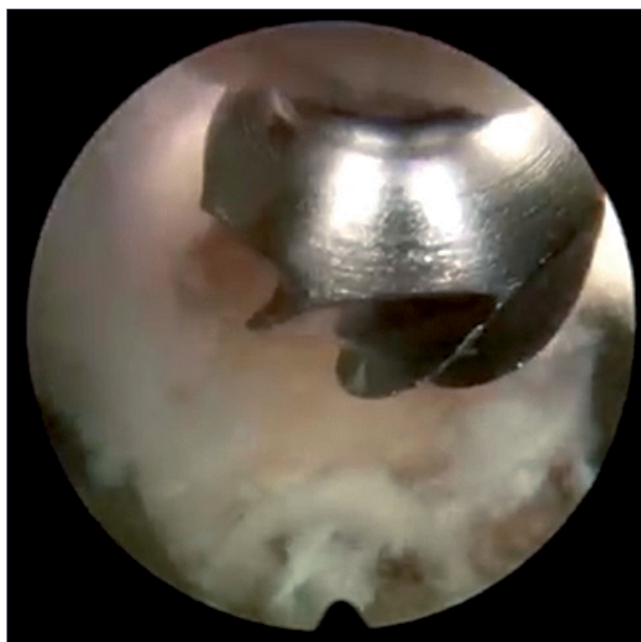


Figura 4. Vista endoscópica de fresado SAP.



Fresa endoscópica.

## Conclusiones

La cirugía mínimamente invasiva para columna lumbar, son un grupo de técnicas quirúrgicas útiles para el tratamiento de la patología degenerativa de columna lumbar. Distintos grupos independientes han reportado resultados quirúrgicos similares o superiores a cirugía convencional. Una de las desventajas de estos grupos de técnicas es la larga curva de aprendizaje que podría ser superado con adecuado entrenamiento y desarrollo de algoritmos terapéuticos.

## Referencias

1. Ishimoto Y, Yoshimura N, Muraki S, Yamada H, Nagata K, Hashizume H, et al. Prevalence of symptomatic lumbar spinal stenosis and its association with physical performance in a population-based cohort in Japan: the Wakayama Spine Study. *Osteoarthritis Cartilage*. 2012 Oct;20(10):1103-8.
2. Kim JH, Kim HS, Kapoor A, Adsul N, Kim KJ, Choi SH, et al. Feasibility of Full Endoscopic Spine Surgery in Patients Over the Age of 70 Years With Degenerative Lumbar Spine Disease. *Neurospine*. 2018 Jun;15(2):131-7.
3. Kim HS, Paudel B, Jang JS, Oh SH, Lee S, Park JE, et al. Percutaneous Full Endoscopic Bilateral Lumbar Decompression of Spinal Stenosis Through Uniportal-Contralateral Approach: Techniques and Preliminary Results. *World Neurosurg*. 2017 Jul;103:201-9.
4. Gibson JNA, Waddell G. Surgery for degenerative lumbar spondylosis: updated Cochrane Review. *Spine*. 2005 Oct 15;30(20):2312-20.
5. Molina M, Wagner P, Campos M. Actualización en estenorraquis lumbar: diagnóstico, tratamiento y controversias. *Rev Med Chil*. 2011 Nov;139(11):1488-95.
6. Hernández EH, Álvarez AP, Betancourt GM. Estenosis espinal

- lumbar degenerativa. *Archivo Médico Camagüey* [Internet]. 2013 May 30 [cited 2021 Dec 5];17(4). Available from: <http://www.revistaamc.sld.cu/index.php/amc/article/view/1291>
7. Verbiest H. A radicular syndrome from developmental narrowing of the lumbar vertebral canal. *J Bone Joint Surg Br*. 1954 May;36-B(2):230-7.
  8. Atlas SJ, Delitto A. Spinal stenosis: surgical versus nonsurgical treatment. *Clin Orthop Relat Res*. 2006 Feb;443:198-207.
  9. Staats PS, Chafin TB, Golovac S, Kim CK, Li S, Richardson WB, et al. Long-Term Safety and Efficacy of Minimally Invasive Lumbar Decompression Procedure for the Treatment of Lumbar Spinal Stenosis With Neurogenic Claudication: 2-Year Results of MIDAS ENCORE. *Reg Anesth Pain Med*. 2018 Oct;43(7):789-94.
  10. Turner JA, Ersek M, Herron L, Deyo R. Surgery for lumbar spinal stenosis. Attempted meta-analysis of the literature. *Spine*. 1992 Jan;17(1):1-8.
  11. Katz JN, Harris MB. Clinical practice. Lumbar spinal stenosis. *N Engl J Med*. 2008 Feb 21;358(8):818-25.
  12. Hall S, Bartleson JD, Onofrio BM, Baker HL Jr, Okazaki H, O'Duffy JD. Lumbar spinal stenosis. Clinical features, diagnostic procedures, and results of surgical treatment in 68 patients. *Ann Intern Med*. 1985 Aug;103(2):271-5.
  13. Epstein NE, Maldonado VC, Cusick JF. Symptomatic lumbar spinal stenosis. *Surg Neurol* [Internet]. 1998 Jul [cited 2021 Dec 15];50(1). Available from: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/9657486/>
  14. Ullrich CG, Binet EF, Sanecki MG, Kieffer SA. Quantitative assessment of the lumbar spinal canal by computed tomography. *Radiology*. 1980 Jan;134(1):137-43.
  15. Andreisek G, Hodler J, Steurer J. Uncertainties in the diagnosis of lumbar spinal stenosis. *Radiology*. 2011 Dec;261(3):681-4.
  16. de Schepper EIT, Overdevest GM, Suri P, Peul WC, Oei EHG, Koes BW, et al. Diagnosis of lumbar spinal stenosis: an updated systematic review of the accuracy of diagnostic tests. *Spine*. 2013 Apr 15;38(8):E469-81.
  17. Hamanishi C, Matukura N, Fujita M, Tomihara M, Tanaka S. Cross-sectional area of the stenotic lumbar dural tube measured from the transverse views of magnetic resonance imaging. *J Spinal Disord*. 1994 Oct;7(5):388-93.
  18. Dowling Á, Lewandrowski K-U, da Silva FHP, Parra JAA, Portillo DM, Giménez YCP. Patient selection protocols for endoscopic transforaminal, interlaminar, and translaminar decompression of lumbar spinal stenosis. *J Spine Surg*. 2020 Jan;6(Suppl 1):S120-32.
  19. Quaille A. Cauda equina syndrome-the questions. *Int Orthop*. 2019 Apr;43(4):957-61.
  20. Katz IT, Leister E, Kacanek D, Hughes MD, Bardeguéz A, Livingston E, et al. Factors associated with lack of viral suppression at delivery among highly active antiretroviral therapy-naive women with HIV: a cohort study. *Ann Intern Med*. 2015 Jan 20;162(2):90-9.
  21. Katz JN, Lipson SJ, Larson MG, McInnes JM, Fossel AH, Liang MH. The outcome of decompressive laminectomy for degenerative lumbar stenosis. *J Bone Joint Surg Am*. 1991 Jul;73(6):809-16.
  22. Atlas SJ, Keller RB, Robson D, Deyo RA, Singer DE. Surgical and nonsurgical management of lumbar spinal stenosis: four-year outcomes from the maine lumbar spine study. *Spine*. 2000 Mar 1;25(5):556-62.
  23. Jönsson B, Annertz M, Sjöberg C, Strömquist B. A prospective and consecutive study of surgically treated lumbar spinal stenosis. Part II: Five-year follow-up by an independent observer. *Spine*. 1997 Dec 15;22(24):2938-44.
  24. Aalto TJ, Malmivaara A, Kovacs F, Herno A, Alen M, Salmi L, et al. Preoperative predictors for postoperative clinical outcome in lumbar spinal stenosis: systematic review. *Spine*. 2006 Aug 15;31(18):E648-63.
  25. Gunzburg R, Keller TS, Szpalski M, Vandeputte K, Spratt KF. Clinical and psychofunctional measures of conservative decompression surgery for lumbar spinal stenosis: a prospective cohort study. *Eur Spine J*. 2003 Apr;12(2):197-204.
  26. Carreon LY, Glassman SD, Djurasovic M, Dimar JR, Johnson JR, Puno RM, et al. Are preoperative health-related quality of life scores predictive of clinical outcomes after lumbar fusion? *Spine*. 2009 Apr 1;34(7):725-30.
  27. Freedman MK, Hilibrand AS, Blood EA, Zhao W, Albert TJ, Vaccaro AR, et al. The impact of diabetes on the outcomes of surgical and nonsurgical treatment of patients in the spine patient outcomes research trial. *Spine*. 2011 Feb 15;36(4):290-307.
  28. Memtsoudis SG, Vougioukas VI, Ma Y, Gaber-Baylis LK, Girardi FP. Perioperative morbidity and mortality after anterior, posterior, and anterior/posterior spine fusion surgery. *Spine*. 2011 Oct 15;36(22):1867-77.
  29. Radcliff KE, Rihn J, Hilibrand A, Dilorio T, Tosteson T, Lurie JD, et al. Does the duration of symptoms in patients with spinal stenosis and degenerative spondylolisthesis affect outcomes?: analysis of the Spine Outcomes Research Trial. *Spine*. 2011 Dec 1;36(25):2197-210.
  30. Møller AM, Pedersen T, Villebro N, Munksgaard A. Effect of smoking on early complications after elective orthopaedic surgery. *J Bone Joint Surg Br*. 2003 Mar;85(2):178-81.
  31. Andersen T, Christensen FB, Laursen M, Høy K, Hansen ES, Bünger C. Smoking as a predictor of negative outcome in lumbar spinal fusion. *Spine*. 2001 Dec 1;26(23):2623-8.
  32. Mooney V, McDermott KL, Song J. Effects of smoking and maturation on long-term maintenance of lumbar spinal fusion success. *J Spinal Disord*. 1999 Oct;12(5):380-5.
  33. Bydon M, De la Garza-Ramos R, Abt NB, Gokaslan ZL, Wolinsky J-P, Sciubba DM, et al. Impact of smoking on complication and pseudarthrosis rates after single- and 2-level posterolateral fusion of the lumbar spine. *Spine*. 2014 Oct 1;39(21):1765-70.
  34. Glassman SD, Anagnost SC, Parker A, Burke D, Johnson JR, Dimar JR. The effect of cigarette smoking and smoking cessation on spinal fusion. *Spine*. 2000 Oct 15;25(20):2608-15.
  35. Sing DC, Yue JK, Metz LN, Winkler EA, Zhang WR, Burch S, et al. Obesity Is an Independent Risk Factor of Early Complications After Revision Spine Surgery. *Spine*. 2016 May;41(10):E632-40.
  36. Rihn JA, Radcliff K, Hilibrand AS, Anderson DT, Zhao W, Lurie J, et al. Does obesity affect outcomes of treatment for lumbar stenosis and degenerative spondylolisthesis? Analysis of the Spine Patient Outcomes Research Trial (SPORT). *Spine*. 2012 Nov 1;37(23):1933-46.
  37. Lingutla KK, Pollock R, Benomran E, Purushothaman B, Kasis A, Bhatia CK, et al. Outcome of lumbar spinal fusion surgery in obese patients: a systematic review and meta-analysis. *Bone Joint J*. 2015 Oct;97-B(10):1395-404.
  38. Burgstaller JM, Held U, Brunner F, Porchet F, Farshad M, Steurer J, et al. The Impact of Obesity on the Outcome of Decompression Surgery in Degenerative Lumbar Spinal Canal Stenosis:

- Analysis of the Lumbar Spinal Outcome Study (LSOS): A Swiss Prospective Multicenter Cohort Study. *Spine*. 2016 Jan;41(1):82-9.
39. McGuire KJ, Khaleel MA, Rihn JA, Lurie JD, Zhao W, Weinstein JN. The effect of high obesity on outcomes of treatment for lumbar spinal conditions: subgroup analysis of the spine patient outcomes research trial. *Spine*. 2014 Nov 1;39(23):1975-80.
  40. Barz T, Melloh M, Staub LP, Lord SJ, Lange J, Röder CP, et al. Nerve root sedimentation sign: evaluation of a new radiological sign in lumbar spinal stenosis. *Spine*. 2010 Apr 15;35(8):892-7.
  41. Barz T, Staub LP, Melloh M, Hamann G, Lord SJ, Chatfield MD, et al. Clinical validity of the nerve root sedimentation sign in patients with suspected lumbar spinal stenosis. *Spine J*. 2014 Apr;14(4):667-74.
  42. Moses RA, Zhao W, Staub LP, Melloh M, Barz T, Lurie JD. Is the sedimentation sign associated with spinal stenosis surgical treatment effect in SPORT? *Spine*. 2015 Feb 1;40(3):129-36.
  43. Ahn Y. Percutaneous endoscopic decompression for lumbar spinal stenosis. *Expert Rev Med Devices*. 2014 Nov;11(6):605-16.
  44. Lewandrowski K-U, Soriano-Sánchez J-A, Zhang X, Ramírez León JF, Soriano Solís S, Rugeles Ortiz JG, et al. Surgeon training and clinical implementation of spinal endoscopy in routine practice: results of a global survey. *J Spine Surg*. 2020 Jan;6(Suppl 1):S237-48.
  45. Kambin P, Nixon JE, Chait A, Schaffer JL. Annular protrusion: pathophysiology and roentgenographic appearance. *Spine*. 1988 Jun;13(6):671-5.
  46. Vaishnav AS, Othman YA, Virk SS, Gang CH, Qureshi SA. Current state of minimally invasive spine surgery. *J Spine Surg*. 2019 Jun;5(Suppl 1):S2-10.
  47. Richard Winn H. *Youmans and Winn Neurological Surgery*. Elsevier Health Sciences; 2016. 4320 p.
  48. Mekhail N, Vallejo R, Coleman MH, Benyamin RM. Long-term results of percutaneous lumbar decompression mild(®) for spinal stenosis. *Pain Pract*. 2012 Mar;12(3):184-93.
  49. Chopko BW. Long-term results of percutaneous lumbar decompression for LSS: two-year outcomes. *Clin J Pain*. 2013 Nov;29(11):939-43.
  50. Levy RM, Deer TR. Systematic safety review and meta-analysis of procedural experience using percutaneous access to treat symptomatic lumbar spinal stenosis. *Pain Med*. 2012 Dec;13(12):1554-61.
  51. Chen H, Kelling J. Mild procedure for lumbar decompression: a review. *Pain Pract*. 2013 Feb;13(2):146-53.
  52. Mekhail N, Costandi S, Abraham B, Samuel SW. Functional and patient-reported outcomes in symptomatic lumbar spinal stenosis following percutaneous decompression. *Pain Pract*. 2012 Jul;12(6):417-25.
  53. Overvest GM, Jacobs W, Vleggeert-Lankamp C, Thomé C, Gunzburg R, Peul W. Effectiveness of posterior decompression techniques compared with conventional laminectomy for lumbar stenosis. *Cochrane Database Syst Rev*. 2015 Mar 11;(3):CD010036.
  54. Lawrence MM, Hayek SM. Minimally invasive lumbar decompression: a treatment for lumbar spinal stenosis. *Curr Opin Anaesthesiol*. 2013 Oct;26(5):573-9.
  55. Phan K, Mobbs RJ. Minimally Invasive Versus Open Laminectomy for Lumbar Stenosis: A Systematic Review and Meta-Analysis. *Spine*. 2016 Jan;41(2):E91-100.
  56. Gibson JNA, Cowie JG, Ipreburg M. Transforaminal endoscopic spinal surgery: the future "gold standard" for discectomy? - A review. *Surgeon*. 2012 Oct;10(5):290-6.
  57. Härtl R, Korge A. Minimally Invasive Spine Surgery: Techniques, Evidence, and Controversies. *AOSpine*; 2012. 490 p.
  58. Wang MY, Grossman J. Endoscopic minimally invasive transforaminal interbody fusion without general anesthesia: initial clinical experience with 1-year follow-up. *Neurosurg Focus*. 2016 Feb;40(2):E13.
  59. Nerland US, Jakola AS, Solheim O, Weber C, Rao V, Lønne G, et al. Minimally invasive decompression versus open laminectomy for central stenosis of the lumbar spine: pragmatic comparative effectiveness study. *BMJ*. 2015 Apr 1;350:h1603.
  60. Goldstein CL, Macwan K, Sundararajan K, Rampersaud YR. Perioperative outcomes and adverse events of minimally invasive versus open posterior lumbar fusion: meta-analysis and systematic review. *J Neurosurg Spine*. 2016 Mar;24(3):416-27.
  61. Epstein NE. Learning curves for minimally invasive spine surgeries: Are they worth it? *Surg Neurol Int*. 2017 Apr 26;8(1):61.
  62. Sharif S, Afsar A. Learning Curve and Minimally Invasive Spine Surgery. *World Neurosurg*. 2018 Nov;119:472-8.
  63. Sclafani JA, Kim CW. Complications associated with the initial learning curve of minimally invasive spine surgery: a systematic review. *Clin Orthop Relat Res*. 2014 Jun;472(6):1711-7.
  64. Rosen DS, O'Toole JE, Eichholz KM, Hrubes M, Huo D, Sandhu FA, et al. Minimally invasive lumbar spinal decompression in the elderly: outcomes of 50 patients aged 75 years and older. *Neurosurgery*. 2007 Mar;60(3):503-9; discussion 509-10.
  65. Kambin P, Sampson S. Posterolateral percutaneous suction-excision of herniated lumbar intervertebral discs. Report of interim results. *Clin Orthop Relat Res*. 1986 Jun;(207):37-43.
  66. Hoogland T. Percutaneous endoscopic discectomy. *J Neurosurg*. 1993 Dec;79(6):967-8.
  67. Schubert M, Hoogland T. Endoscopic transforaminal nucleotomy with foraminoplasty for lumbar disk herniation. *Oper Orthop Traumatol*. 2005 Dec;17(6):641-61.
  68. Lewandrowski K-U. Successful outcome after outpatient transforaminal decompression for lumbar foraminal and lateral recess stenosis: The positive predictive value of diagnostic epidural steroid injection. *Clin Neurol Neurosurg*. 2018 Oct;173:38-45.
  69. Lewandrowski K-U. Retrospective analysis of accuracy and positive predictive value of preoperative lumbar MRI grading after successful outcome following outpatient endoscopic decompression for lumbar foraminal and lateral recess stenosis. *Clin Neurol Neurosurg*. 2019 Apr;179:74-80.
  70. Yeung AT, Lewandrowski K-U. Retrospective analysis of accuracy and positive predictive value of preoperative lumbar MRI grading after successful outcome following outpatient endoscopic decompression for lumbar foraminal and lateral recess stenosis. *Clin Neurol Neurosurg*. 2019 Jun;181:52.
  71. Lewandrowski K-U. Endoscopic Transforaminal and Lateral Recess Decompression After Previous Spinal Surgery. *Int J Spine Surg*. 2018 Apr;12(2):98-111.
  72. Yeung AT, Yeung CA. Advances in endoscopic disc and spine surgery: foraminal approach. *Surg Technol Int*. 2003;11:255-63.
  73. Yeung AT, Gore S. In-vivo Endoscopic Visualization of Patho-anatomy in Symptomatic Degenerative Conditions of the Lumbar Spine II: Intradiscal, Foraminal, and Central Canal Decompression. *Surg Technol Int*. 2011 Dec;21:299-319.
  74. Yeung AT, Yeung CA. Minimally invasive techniques for the

- management of lumbar disc herniation. *Orthop Clin North Am.* 2007 Jul;38(3):363–72; abstract vi.
75. Sajama C, Zomosa G, Suarez G, Castillo M, La Rosa G, Vergara P, Ambulatory Endoscopic Lumbar Foraminotomy for Spinal Ste-
- nosis During COVID-19 Pandemic: A 27-Patient Case Series of Transforaminal Approach Under Sedation, *International Journal of Neurosurgery.* Volume 6, Issue 2, December 2022 , pp. 32-37. doi: 10.11648/j.ijn.20220602.11.