



Artículo de revisión

Evolución de la endoscopia de columna. ¿De dónde venimos y a dónde vamos?

R. Casal Grau, Á. Ortega Carnero, M. González Murillo, P. Estévez Sánchez, J. Omaña García, J. Sánchez Benítez de Soto

Unidad de Raquis. Hospital Asepeyo Coslada. Madrid

Correspondencia:

Dr. Álvaro Ortega Carnero

Correo electrónico: ortega-c7@hotmail.com

Recibido el 11 de septiembre de 2022

Aceptado el 5 de agosto de 2023

Disponible en Internet: diciembre de 2023

RESUMEN

La endoscopia de columna lleva desarrollándose a pequeña escala desde los años ochenta, frenada por diversos factores, tales como la larga y compleja curva de aprendizaje, la falta de sistematización, el progresivo desarrollo tecnológico de materiales realmente apropiados para ello o la dificultad de transformar la práctica habitual de cirugía abierta en un campo tan delicado como la columna, por parte de cirujanos en activo habituados a trabajar con procedimientos tradicionales.

Sin embargo, desde el germen de la cirugía endoscópica que supuso la descripción del triángulo de Kambin como zona segura y su empleo para solo determinadas hernias discales, se ha pasado a convertir en rutina los accesos transforaminal e interlaminar hasta ser meras herramientas para propósitos mucho más complejos.

Del mismo modo, en la actualidad está próximo el establecer la endoscopia como *gold standard* para ciertos procedimientos sencillos como algunas hernias discales o estenosis, y ya son realidad técnicas como la fusión endoscópica por vía posterior, transfacetaria, foraminal, lateral o los procedimientos multiportal. Lo mismo ocurre con los accesos en la región cervical o dorsal, o su uso como técnica complementaria para otros procedimientos en el raquis y reducir su agresividad.

Palabras clave: Endoscopia. Columna. Transforaminal. Interlaminar. Percutáneo.

ABSTRACT

Evolution of spinal endoscopy. Where do we come from and where are we going?

Spinal endoscopy has been developing on a small scale since the 1980s, hampered by a number of factors such as a long and complex learning curve, a lack of systematization, the gradual technological development of truly appropriate materials for performing the technique, or the difficulty of transforming routine open surgical practice in a field as delicate as the spine on the part of surgeons who are used to working with traditional procedures. However, since the origin of endoscopic surgery with the description of Kambin's triangle as a safe zone and its utilization limited to certain disc hernias, transforaminal and interlaminar accesses are now routinely used to the point where they have become mere tools for much more complex purposes.

Likewise, at present, endoscopy is close to becoming the gold standard for certain simple procedures such as some disc hernias or stenoses, and techniques such as endoscopic fusion via the posterior, transfacet, foraminal or lateral route, or multiportal procedures, have now become a reality. The same applies to accesses in the cervical or dorsal region, or utilization of the procedure as a complementary technique for other spinal operations, with the aim of reducing their aggressivity.

Key words: Endoscopy. Spine. Transforaminal. Interlaminar. Percutaneous.



<https://doi.org/10.24129/j.reaca.30380.fs2209015>

© 2023 Fundación Española de Artroscopia. Publicado por Imaidea Interactiva en FONDOSCIENCE® (www.fondoscience.com). Este es un artículo Open Access bajo la licencia CC BY-NC-ND (www.creativecommons.org/licenses/by-nc-nd/4.0/).

Introducción

El descubrimiento del triángulo de Kambin en 1990 (**Figura 1**) supuso abrir la posibilidad de abordar el raquis a través de sus forámenes de conjunción de forma segura

y percutánea. Su desarrollo culminó en la técnica endoscópica transforaminal, descrita en 1993 y desarrollada de forma poco homogénea y menos extendida que la cirugía abierta asistida por endoscopia translaminar, y por supuesto mucho menos que las microdiscectomías tradicionales abiertas.

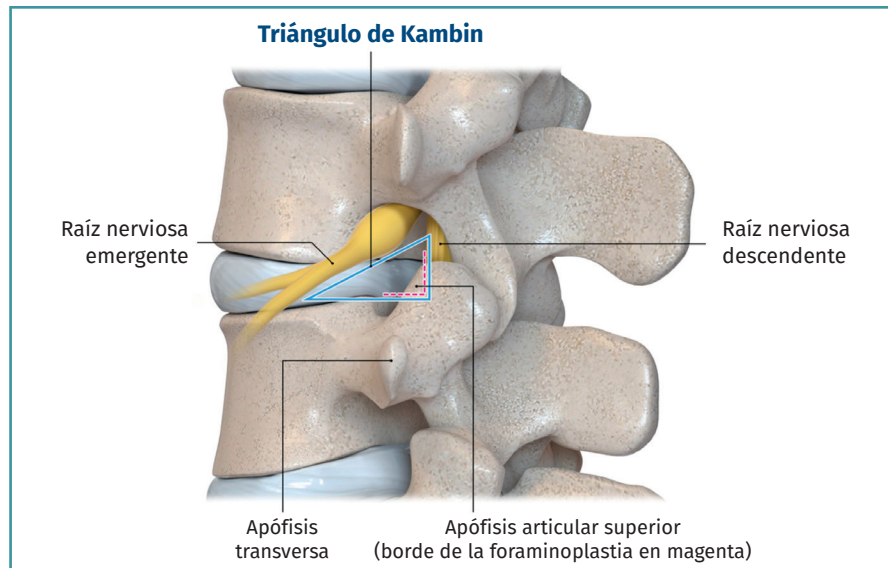


Figura 1. Esquema de una visión lateral del triángulo de Kambin y sus relaciones anatómicas. Existe una enorme variabilidad anatómica que hace variable la necesidad de mayor o menor foraminoplastia para acceder por él hasta el canal. Como puede verse en la imagen, sus límites son la raíz nerviosa emergente, la raíz descendente junto con el borde de la apófisis articular superior y, por último, el borde del platillo inferior hasta su unión con el pedículo inferior.

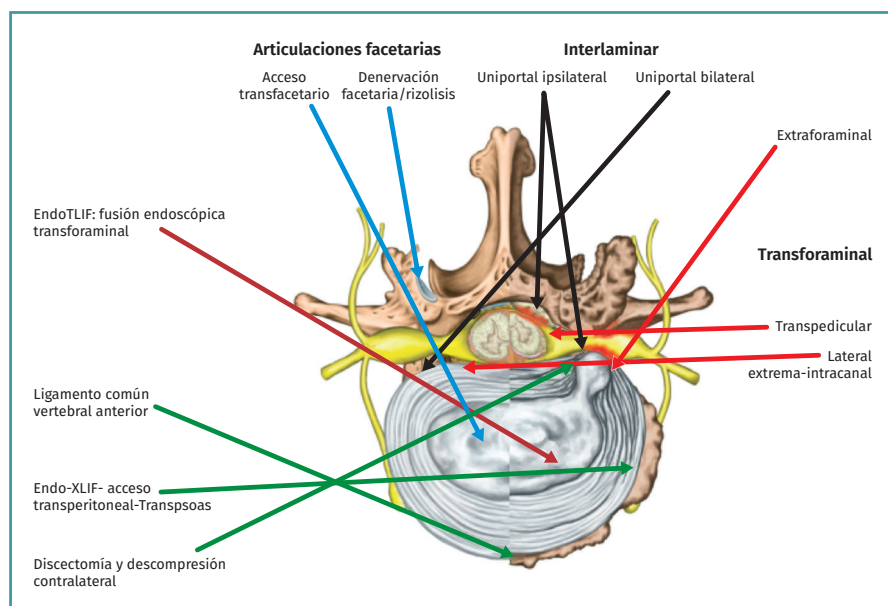


Figura 2. El espectro de distintos accesos o abordajes endoscópicos en el segmento lumbar. En rojo oscuro, negro y verde, los accesos que permiten, además, asistir la fusión lumbar. En color azul claro, los abordajes directos a la articulación facetaria que, hoy por hoy, limitan su uso en la realización de rizólisis endoscópica.

El desarrollo de la endoscopia percutánea ha creado 2 abordajes fundamentales, sistemáticos y diferenciados: transforaminal e interlaminar. Pero la endoscopia ha ido mucho más allá de estos 2 abordajes, convirtiéndose estos en “herramientas” para propósitos más complejos, que abarcan desde todo tipo de descompresiones foraminales y del canal hasta la asistencia a procedimientos de fusión de cualquier nivel lumbar, dobles o triples portales o rescates de complicaciones en cirugías previas (**Figura 2**).

Los accesos por endoscopia ofrecen numerosas ventajas, entre las cuales están la baja o nula infección, el escaso daño a los tejidos intermedios y la visión directa amplificada de la zona de trabajo. Sin embargo, presenta la limitación del campo de trabajo condicionada por la necesidad de planificación inicial del acceso. De ahí la importancia de una especialmente exhaustiva planificación preoperatoria.

Con este artículo se pretende hacer una aproximación a los aspectos más básicos de la endoscopia de columna, sus abordajes y técnicas, y esbozar indicaciones consolidadas, las que ya son una realidad de la práctica diaria, y la proyección que estas pueden tener en el contexto de la cirugía de columna en el futuro.

Técnicas en endoscopia de columna

A continuación, se exponen los precedentes, un recuerdo histórico y la descripción de los distintos abordajes endoscópicos.

Abordaje transforaminal

La cirugía endoscópica de columna ha sufrido una importante evolución en las últimas décadas, desde los abordajes percutáneos de columna desarrollados en los años setenta del siglo pasado con Kambin y la primera nucleotomía percutánea de Hijikata⁽¹⁾, pasando por la denominada microcirugía a finales de esa década, que dio paso en los años ochenta a la cirugía endoscópica de columna como la conocemos en la actualidad, iniciándose con el acceso a través del triángulo de Kambin (transforaminal).

Iniciado en la década de los años ochenta y noventa, sus precursores, Knight *et al.*, introdujeron la foraminoplastia endoscópica de columna con láser para realizar descompresiones a ese nivel, considerándola la técnica más segura para abordar la patología discal; esto se debe a que esta técnica no altera la anatomía de la columna posterior, al no realizar apertura del canal, laminectomía ni flavectomías (Figuras 3, 4 y 5). Otra ventaja que plantean es la reducción del riesgo de daño del saco dural y las raíces nerviosas. Todo esto gracias al aprovechamiento del orificio natural (foramen vertebral). Muy usado desde T10 hasta L4-L5, para los niveles L5-S1 se tiene que entrar combinando diferentes técnicas como foraminoplastia de la faceta lateral⁽²⁾.

No se podría entender la cirugía endoscópica de columna sin la aportación de Kambin y su autodenominado triángulo, descrito en torno a 1990. Esta zona se considera un área segura por la ausencia de estructuras vasculares o nerviosas susceptibles de ser lesionadas; sin embargo, existe controversia en su descripción respecto a sus dimensiones y límites.

El triángulo de Kambin es un espacio libre descrito inicialmente en la salida (o zona más lateral) del agujero



Figura 3. Imagen radiológica de una endoscopia transforaminal uniportal ipsilateral. Como puede apreciarse, el acceso permite fácilmente alcanzar la línea media.

de conjugación, caudal a la raíz emergente. La base del triángulo rectángulo es la plataforma proximal del cuerpo de la vértebra inferior, su altura el proceso articular ascendente de la vértebra inferior y la hipotenusa es la raíz nerviosa emergente correspondiente al nivel, que se encuentra saliendo por el agujero de conjugación⁽³⁾.

Inicialmente, se excluyó el proceso articular superior de su definición, siendo, sin embargo, esta la estructura más relevante que se debe tener en cuenta. Por otra par-

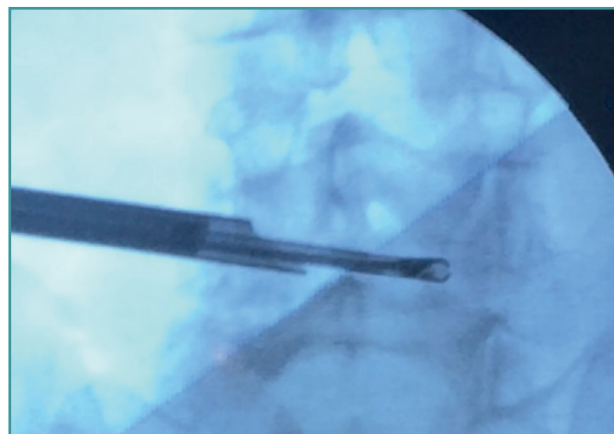


Figura 4. Imagen radiológica de endoscopia transforaminal uniportal contralateral hasta el foramen, para mostrar la capacidad de la endoscopia para llegar a tratar patología contralateral en manos experimentadas.

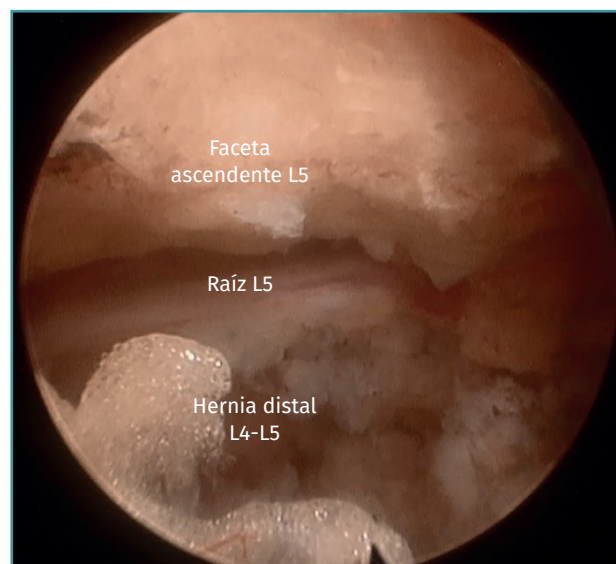


Figura 5. Imagen de la óptica en una endoscopia transforaminal. En esta imagen característica de la endoscopia transforaminal se aprecia la faceta ascendente de la vértebra inferior (techo en la imagen), el espacio intersomático y el disco, la raíz descendente y, en este caso, un fragmento herniario bajo la raíz que va a ser extraído.

te, también se amplió el concepto a “prisma de Kambin”, en referencia al aspecto tridimensional de la estructura por su profundidad y su forma cuando se progresa por él hacia el canal raquídeo, concepto muy relevante posteriormente⁽⁴⁾.

Inicialmente, solo se consideraba válido para las herniaciones discales extraforaminales, llegando a ser un canal o foramen estenótico un factor de mal pronóstico y contraindicación de la técnica. Sin embargo, gracias a los grandes avances tecnológicos y al aprendizaje de los cirujanos, estas contraindicaciones van dejando de serlo para convertirse todos estos supuestos en objetivos que tratar de forma endoscópica⁽⁵⁾.

Asimismo, el desarrollo de esta vía de abordaje ha permitido trabajar a lo largo de todo el foramen de conjunción, incluso dentro del canal, ventral al saco dural hasta alcanzar la salida al agujero de conjunción contralateral.

También, como progresión de esto, se ha descrito el abordaje transpedicular, que consiste en realizar un túnel a través del pedículo para acceder al receso lateral a ese nivel, lugar al que, entrando a través del foramen, es difícil acceder.

Abordaje translaminar o interlaminar

A finales de los noventa⁽⁶⁾ se publicaron los primeros artículos en referencia al abordaje translaminar para disminuir la cuantía de la resección ósea; a diferencia de la técnica abierta, el abordaje endoscópico también disminuye el daño y la retirada de tejidos blandos y musculares⁽⁷⁾. En 1995, Foley y Smith desarrollaron un proceso para la retirada endoscópica de hernias que asociaron junto

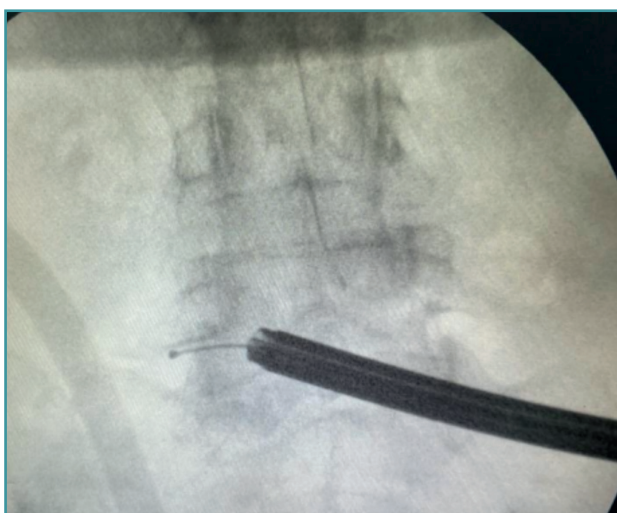


Figura 6. Imagen radiológica de endoscopia interlaminar uniportal contralateral. El acceso por la ventana interlaminar contralateral y el progreso over the top hasta el receso contralateral, que permite llegar al foramen de conjunción contralateral y explorarlo.

al proceso de Love a través del espacio interlaminar, que fue la evolución natural de la técnica percutánea que se usaba en años anteriores (Figuras 6, 7, 8 y 9). Una vez en ese espacio, se realiza la ampliación de la ventana interlaminar (si se precisa) y la retirada parcial del ligamento amarillo para llegar al canal y visualizar el saco dural y la raíz nerviosa⁽⁸⁾.

Ambos abordajes, transforaminal e interlaminar han pasado a ser perfectamente complementarios. Y, a diferencia de la cirugía de columna clásica, los abordajes percutáneos y en concreto los endoscópicos suponen una herida quirúrgica de menor tamaño (y por tanto una menor agresión a los planos intermedios), unas menores tasas de infección y un menor riesgo de sangrado⁽⁹⁾. Todo

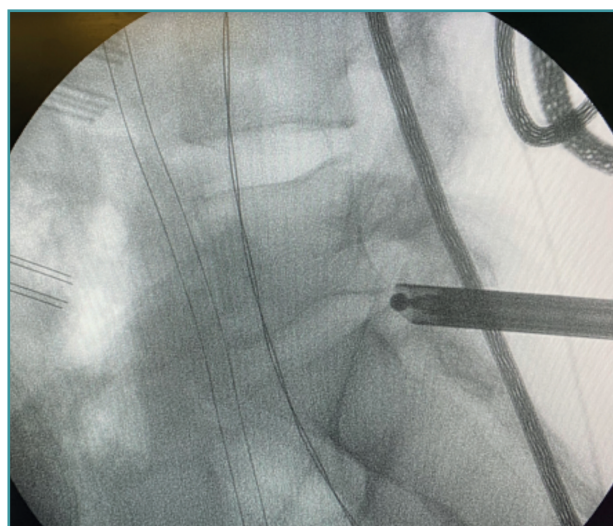


Figura 7. Imagen radiológica de endoscopia interlaminar uniportal ipsilateral. En la proyección lateral puede apreciarse la trayectoria de progreso y la profundidad.

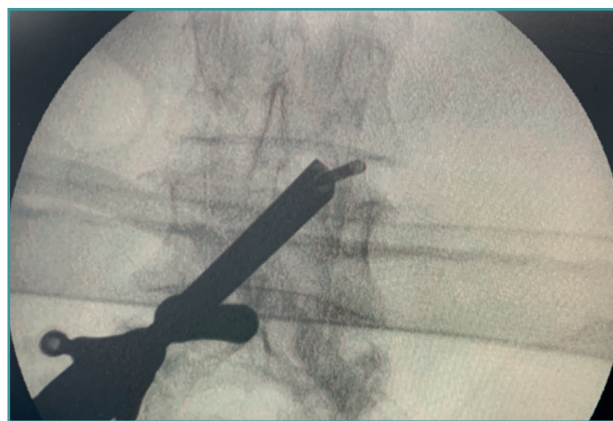


Figura 8. Imagen radiológica intraoperatoria de endoscopia interlaminar uniportal ipsilateral. En esta técnica, inicialmente se descartó la opción de explorar el foramen de conjunción (lo que en técnica abierta exige la artrectomía); con el desarrollo de la técnica, también explorar el foramen ha sido posible técnicamente.



Figura 9. Imagen de óptica de endoscopia interlaminar. Se trata de la fase de apertura del ligamento amarillo. En la imagen, se puede apreciar el ligamento flavum con un ojal a través del cual ya se puede identificar el saco dural.

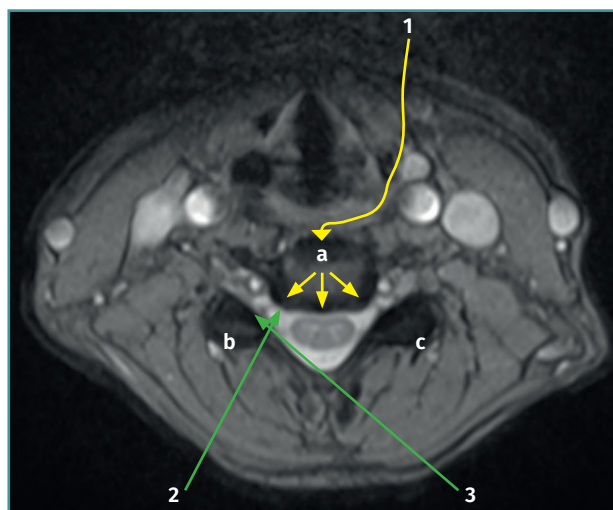


Figura 10. Las diferentes posibilidades de abordaje endoscópico en la columna cervical. Como puede verse, están descritos ambos, anterior y posterior. a: abordaje cervical anterior endoscópico; b: abordaje cervical posterior endoscópico, uniportal ipsilateral/foraminal; c: abordaje cervical posterior endoscópico, uniportal bilateral; 1: abordaje cervical anterior endoscópico; 2: uniportal o biportal unilateral; 3: uniportal o biportal bilateral.

ello se consigue con una visión directa y precisa de las estructuras que se van a tratar⁽¹⁰⁾.

Sin contar todavía con el consenso de la comunidad científica por su aún no generalizado uso, ya se postula por muchos autores como el nuevo *gold standard* en la discectomía para la hernia de disco^(11,12).

Actualmente, este abordaje es el más extendido por ser el menos invasivo, el de menor dificultad técnica y el más familiar para el cirujano que previamente interviene por cirugía abierta, y que presenta facilidad para realizarse tanto en decúbito prono como lateral⁽¹³⁾.

Este abordaje rápidamente fue evolucionando y sus avances permitieron ampliar el número de indicaciones: desde hernias de disco desde L2 a S1, sean migradas o no, hasta la estenosis del canal, ya sean centrales, de receso lateral o foraminales, con resultados muy similares a la microcirugía, pero menor tasa de complicaciones⁽²⁾.

Ya se encuentran algunos estudios iniciales del uso de este abordaje en cirugías de columna torácica e incluso cervical, que parecen ser el siguiente paso de la evolución de la endoscopia (**Figuras 10 y 11**).

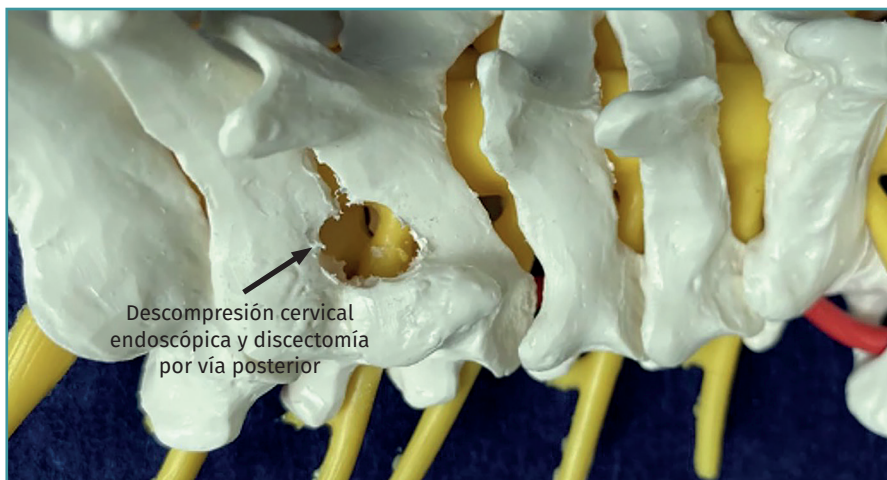


Figura 11. Descompresión cervical endoscópica por vía posterior. En el modelo anatómico, se aprecia con claridad cómo se accede endoscópicamente al foramen de conjunción, creando un túnel que elimina la pared posterior del foramen, permitiendo la exploración de la emergencia radicular y el acceso al disco.

Abordajes biportal

Tanto a través del foramen de conjunción como a través de la ventana interlaminar, se puede trabajar con 2 portales si se precisa para conseguir los objetivos de la cirugía. Existen escuelas, sobre todo provenientes de Corea del Sur, que postulan estos accesos biportal como forma de trabajo rutinaria^(14,15).

Resultados

Sobre la comparativa entre ambas técnicas

Ambos abordajes se nutren de material quirúrgico similar, incluidos los biportales. Ambos presentan resultados similares en tiempo recuperación en cama, estancia hospitalaria, resultados clínicos y tasas de reintervención. Sin embargo, también presentan algunas diferencias que se recogen en la **Tabla 1**.

En el artículo de Jitpakdee *et al.* (revisión sistemática y metaanálisis) se realizaba un estudio comparativo de ambas técnicas con 1.006 pacientes en el grupo translaminar y 942 en el interlaminar, viendo similitud de resultados en el Oswestry Disability Index (ODI), la escala visual analógica (EVA) –estas 2 escalas presentaban resultados similares pero mejores con la translaminar–, la satisfacción del paciente, la estancia hospitalaria y las complicaciones; sin embargo, objetivaron un mayor tiempo de cirugía y de escopia para la translaminar, sobre todo en los niveles L5-S1⁽¹³⁾.

Ambos abordajes están muy condicionados por la curva de aprendizaje, que clásicamente se ha considerado muy larga; sin embargo, ya hay artículos que hablan de la posibilidad de acortar esa curva cuando se está tutorizado por expertos en cirugía endoscópica, hablan-

do algunos artículos de solo 15 casos de descompresión lumbar para llegar a resultados clínicos similares que en la abierta, siendo la EVA del estudio de Ramson estadísticamente significativa en ambos grupos, pero sin diferencias significativas entre ellos (laminectomía abierta y descompresión endoscópica). Del mismo modo, Gollgoly notificó una disminución del uso de narcóticos postoperatorios tras una curva inicial de aprendizaje de 15 pacientes⁽¹⁶⁾. Asimismo, se ha discutido ampliamente acerca de la dificultad técnica de ambos abordajes endoscópicos entre sí; en el estudio de Mayo *et al.* se estudiaban cohortes consecutivas de pacientes sometidos a una discectomía anterior cervical y fusión de esta, y observaron que el 50% de la curva de aprendizaje se produjo en los casos 17 y 31, respectivamente, mientras que el 90% de la mejora potencial se produjo en los casos 56 y 57, respectivamente, con disminución del tiempo de cirugía y de la pérdida hemática, con mayores tasas de artrodesis⁽¹⁷⁾.

Discusión y conclusiones: futuro de la endoscopia de columna

La cirugía endoscópica de columna ha tenido un crecimiento considerable en los últimos años, con un comienzo relativamente lento. Actualmente, se encuentra en completo desarrollo, ampliando sus indicaciones, avanzando su tecnología y aumentando el número de cirujanos que completan su larga curva de aprendizaje.

Entre los aspectos que experimentan mayor desarrollo, destacan la discectomía y la descompresión cervical, la fusión intersomática transforaminal⁽¹⁸⁾, transfacetaria, interlaminar o lateral, la posibilidad de biopsiar discos, la exéresis de quistes sinoviales o determinadas tumores, o los abordajes endoscópicos laterales puros, que son complementarios en el tratamiento de ciertas deformidades.

El doble portal en endoscopia de raquis no solo es de uso común entre los cirujanos que ya poseen experiencia en la técnica, sino que, además, ya se han descrito en numerosas publicaciones, sobre todo en países como Corea del Sur. La publicación del Hospital de Busan ha contribuido ampliamente^(19,20) (**Figura 12**). Existen incluso algunos artículos que mencionan un éxito clínico superior con la técnica de doble portal que con la microendoscópica convencional⁽²¹⁾, así como en la cirugía de exéresis tumoral, donde ya existen estudios de extirpación de un tumor extradural de un único caso con técnica de 2 portales con resultado de extirpación completa del tumor y sin crecimiento tras un año de seguimiento⁽²²⁾, y la de reparación de la duramadre en roturas ocasionadas durante la propia endoscopia, estando bastante debatido aún el tipo de tratamiento necesario⁽²³⁾.

Tabla 1. Tabla comparativa que enfrenta pros, contras y particularidades de los dos principales abordajes o accesos endoscópicos, transforaminal e interlaminar

Transforaminal	Interlaminar
Más dificultad técnica	Menor dificultad técnica
Instrumental similar; acceso por vía distinta a la abierta. Desconocida para el cirujano convencional	Instrumental similar; acceso por misma vía que la cirugía abierta. Familiar para el cirujano convencional
Indicaciones (en orden descendente): <ul style="list-style-type: none"> • Forámenes altos L2-L5 • Hernias extraforaminales • Hernias foraminales • Hernias centrales • Hernias migradas • L5-S1 • Torácico 	Indicaciones (en orden descendente): <ul style="list-style-type: none"> • Hernias/Estenosis L5-S1 • Hernias/Estenosis L4-L2 • Quistes sinoviales • Resto de patología intracanal • Estenosis foraminales • Cervical
Menor facilidad biportal	Mayor facilidad biportal
Más sangrado	Menor sangrado
Más tiempo de cirugía	Menor tiempo de cirugía
Mayor tiempo de fluoroscopia intraoperatoria	Menor tiempo de fluoroscopia intraoperatoria
Menos complicaciones Menor riesgo de durotomía	Mas complicaciones Mayor riesgo de durotomía

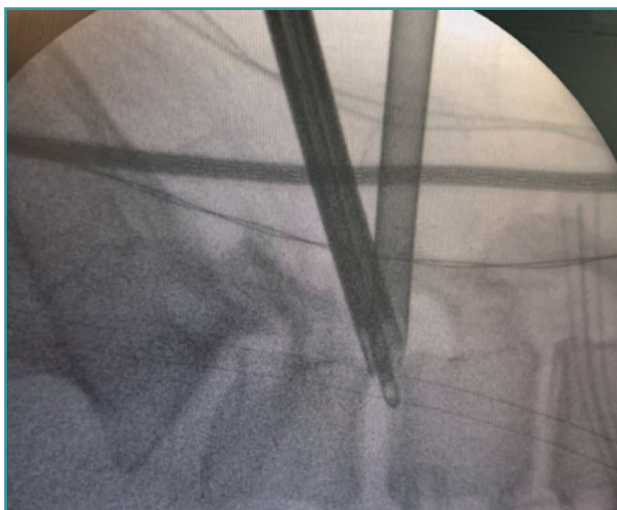


Figura 12. Endoscopia interlaminar-transforaminal biportal ipsilateral. Imagen radiológica de ambas cánulas situadas en el foramen de conjunción para permitir un doble acceso del instrumental.

Otros avances menos extendidos serían el tratamiento de áreas de dolor que no tengan problemas mecánicos susceptibles de tratamiento más invasivo, esto es gracias a la visión magnificada de la endoscopia y la posibilidad de tratar zonas muy pequeñas de forma directa, como podría ocurrir en las fibrosis perirradiculares⁽²⁴⁾.

Resulta común a ambas vías, aunque quizá más al acceso transforaminal o a los accesos múltiples, la crucial necesidad de planificación previa de la cirugía.

El estudio previo de imagen es lo que permite seleccionar correctamente el lugar y los ángulos de entrada, pero sobre todo poder prever los accidentes anatómicos que durante la cirugía pueden suponer una dificultad añadida.

Esta planificación, junto con el tacto intraoperatorio del material de endoscopia, el control intraoperatorio de fluoroscopia y la imagen de la óptica, constituyen los 4 pilares de la técnica.

Con respecto a la curva de aprendizaje, cabe señalar que no solamente se realizan comparaciones entre ambas técnicas o abordajes, y entre las técnicas endoscópicas y las abiertas, sino que, tratándose de técnicas endoscópicas, se debe hacer una diferenciación clara acerca del tipo y la dificultad técnica de cada caso, lo que no ocurre en la abierta en igual medida. Por lo que para determinar estas diferencias, tanto entre los distintos resultados de las técnicas como en la valoración de su curva de aprendizaje, pensamos que será necesario entrar a estudios comparativos mucho más específicos en referencia al tipo y la localización de las herniaciones, o al tipo y la localización de las estenosis.

Responsabilidades éticas

Conflicto de interés. Los autores declaran no tener ningún conflicto de interés.

Financiación. Este trabajo no ha sido financiado.

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

Confidencialidad de los datos. Los autores declaran que han seguido los protocolos de su centro de trabajo sobre la publicación de datos de pacientes.

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

Bibliografía

1. Khandge AV, Sharma SB, Kim JS. The Evolution of Transforaminal Endoscopic Spine Surgery. *World Neurosurg.* 2021 Jan;145:643-56.
2. Yeung AT, Yeung CA. Advances in endoscopic disc and spine surgery: foraminal approach. *Surg Technol Int.* 2003;11:255-63.
3. Montes García C. Endoscopia lumbar posterolateral con sistema YESS: reporte preliminar. *Coluna/Columna.* 2009;8(2):192-6.
4. Fanous AA, Tumialán LM, Wang MY. Kambin's triangle: definition and new classification schema. *J Neurosurg Spine.* 2019 Nov 29:1-9.
5. Ahn Y. Evolution of percutaneous endoscopic lumbar decompression. *J Minim Invasive Spine Surg Tech.* 2019;4:1-4.
6. Ruetten S, Komp M, Merk H, Godolias G. Full-endoscopic interlaminar and transforaminal lumbar discectomy versus conventional microsurgical technique: a prospective, randomized, controlled study. *Spine (Phila Pa 1976).* 2008 Apr 20;33(9):931-9.
7. Oertel JM, Burkhardt BW. Endoscopic Translaminar Approach for Resection of Migrated Lumbar Disc Herniation. *World Neurosurg.* 2019 Aug;128:365.
8. Dezawa A, Sairyo K. New minimally invasive discectomy technique through the interlaminar space using a percutaneous endoscope. *Asian J Endosc Surg.* 2011 May;4(2):94-8.
9. Huang Y, Yin J, Sun Z, et al. Percutaneous endoscopic lumbar discectomy for LDH via a transforaminal approach versus an interlaminar approach: a meta-analysis. *Orthopade.* 2020 Apr;49(4):338-49.
10. Telfeian AE, Veeravagu A, Oyelese AA, Gokaslan ZL. A brief history of endoscopic spine surgery. *Neurosurg Focus.* 2016 Feb;40(2):E2.
11. Gatam AR, Gatam L, Phedy, Mahadhipta H, Ajjiantoro, Aprilya D. Full Endoscopic Lumbar Stenosis Decompression: A Future Gold Standard in Managing Degenerative Lumbar Canal Stenosis. *Int J Spine Surg.* 2022 Sep;16(5):821-30.
12. Muthu S, Ramakrishnan E, Chellamuthu G. Is Endoscopic Discectomy the Next Gold Standard in the Management of Lum-

- bar Disc Disease? Systematic Review and Superiority Analysis. *Global Spine J.* 2021;11(7):1104-20.
13. Jitpakdee K, Liu Y, Kotheeranurak V, Kim JS. Transforaminal Versus Interlaminar Endoscopic Lumbar Discectomy for Lumbar Disc Herniation: A Systematic Review and Meta-Analysis. *Global Spine J.* 2023 Mar;13(2):575-87.
 14. Choi DJ, Kim JE. Efficacy of Biportal Endoscopic Spine Surgery for Lumbar Spinal Stenosis. *Clin Orthop Surg.* 2019 Mar;11(1):82-8.
 15. Choi CM. Biportal endoscopic spine surgery (BESS): considering merits and pitfalls. *J Spine Surg.* 2020 Jun;6(2):457-65.
 16. Ransom NA, Gollogly S, Lewandrowski KU, Yeung A. Navigating the learning curve of spinal endoscopy as an established traditionally trained spine surgeon. *J Spine Surg.* 2020;6(Suppl 1):S197-S207.
 17. Mayo BC, Massel DH, Bohl DD, Long WW, Modi KD, Singh K. Anterior Cervical Discectomy and Fusion: The Surgical Learning Curve. *Spine (Phila Pa 1976).* 2016 Oct 15;41(20):1580-5.
 18. Zheng B, Shaaya E, Feler J, et al. Endoscopic Techniques for Lumbar Interbody Fusion: Principles and Context. *Biomed Res Int.* 2022 Mar 19;2022:4979231.
 19. Chu PL, Wang T, Zheng JL, et al. Global and Current Research Trends of Unilateral Biportal Endoscopy/Biportal Endoscopic Spinal Surgery in the Treatment of Lumbar Degenerative Diseases: A Bibliometric and Visualization Study. *Orthop Surg.* 2022 Apr;14(4):635-43.
 20. Choi DJ, Kim JE, Jung JT, et al. Biportal Endoscopic Spine Surgery for Various Foraminal Lesions at the Lumbosacral Lesion. *Asian Spine J.* 2018;12(3):569-73.
 21. Aygun H, Abdulshafi K. Unilateral Biportal Endoscopy Versus Tubular Microendoscopy in Management of Single Level Degenerative Lumbar Canal Stenosis: A Prospective Study. *Clin Spine Surg.* 2021;34(6):E323-E328.
 22. Kim SK, Bendardaf R, Ali M, Kim HA, Heo EJ, Lee SC. Unilateral Biportal Endoscopic Tumor Removal and Percutaneous Stabilization for Extradural Tumors: Technical Case Report and Literature Review. *Front Surg.* 2022 Mar 24;9:863931.
 23. Müller SJ, Burkhardt BW, Oertel JM. Management of Dural Tears in Endoscopic Lumbar Spinal Surgery: A Review of the Literature. *World Neurosurg.* 2018;119:494-9.
 24. Kim HS, Wu PH, Jang IT. Current and Future of Endoscopic Spine Surgery: What are the Common Procedures we Have Now and What Lies Ahead? *World Neurosurg.* 2020 Aug;140:642-53.