

# CURVA DE APRENDIZAJE EN TLIF POR MÍNIMA INVASIÓN DE UN NIVEL: EXPERIENCIA DE UN NEUROCIRUJANO

*CURVA DE APRENDIZAGEM EM TLIF MINIMAMENTE INVASIVA EM UM NÍVEL: EXPERIÊNCIA DE UM NEUROCIRURGIÃO*

*LEARNING CURVE IN SINGLE-LEVEL MINIMALLY INVASIVE TLIF: EXPERIENCE OF A NEUROSURGEON*

SAMUEL ROMANO-FEINHOLZ<sup>1</sup>, SERGIO SORIANO-SOLÍS<sup>2</sup>, JULIO CÉSAR ZÚÑIGA-RIVERA<sup>2</sup>, CARLOS FRANCISCO GUTIÉRREZ-PARTIDA<sup>2</sup>, MANUEL RODRÍGUEZ-GARCÍA<sup>2</sup>, HÉCTOR ANTONIO SORIANO-SOLÍS<sup>2</sup>, JOSÉ ANTONIO SORIANO-SÁNCHEZ<sup>2</sup>

1. Instituto Nacional de Neurología y Neurocirugía, Tlalpan, La Fama, Ciudad de México.  
2. Centro Neurológico ABC, Centro Médico ABC, Santa Fe, Cuajimalpa, Ciudad de México.

## RESUMEN

**Objetivo:** Describir la curva de aprendizaje que muestre el progreso de un sólo neurocirujano para la realización de MI-TLIF de un sólo nivel. **Métodos:** Se incluyeron 99 pacientes consecutivos sometidos a MI-TLIF en un solo nivel por un mismo neurocirujano (JASS). Se analizaron las características demográficas de los pacientes. Además se evaluó el tiempo quirúrgico, sangrado transoperatorio y tiempo de estancia hospitalaria. Las curvas de aprendizaje se realizaron con un modelo de regresión dividida en segmentos. **Resultados:** Se obtuvo un promedio de edad de 54,6 años. Las curvas de aprendizaje mostraron una relación inversa entre la experiencia quirúrgica y la variable analizada, alcanzando un punto de inflexión para tiempo quirúrgico en el caso 43 y para el sangrado en el caso 48. El promedio de tiempo quirúrgico fue de 203,3 minutos (amplitud intercuartil [IQR] 150 – 240 minutos), del sangrado transoperatorio fue 97,4 ml (IQR 40 – 100 ml) y de la estancia hospitalaria fue de cuatro días (IQR 3 – 5 días). **Conclusiones:** El MI-TLIF es un procedimiento realizado con gran frecuencia debido a su efectividad y seguridad y que ha demostrado resultados equiparables con el procedimiento abierto. De acuerdo a este estudio la curva de aprendizaje requerida es discretamente mayor que para procedimientos abiertos, alcanzándola aproximadamente tras 45 casos.

**Descriptor:** Curva de aprendizaje; Vértebras lumbares; Fusión vertebral; Procedimientos quirúrgicos mínimamente invasivos; Degeneración del disco intervertebral; Resultado del tratamiento.

## RESUMO

**Objetivo:** Descrever a curva de aprendizagem que mostra o progresso de um único neurocirurgião na realização de MI-TLIF em um só nível. **Métodos:** Foram incluídos 99 pacientes consecutivos submetidos a MI-TLIF de um só nível pelo mesmo neurocirurgião (JASS). Foram analisadas as características demográficas dos pacientes. Além disso, avaliou-se o tempo operatório, a perda de sangue intraoperatória e o tempo de internação hospitalar. As curvas de aprendizagem foram realizadas com um modelo de regressão segmentada. **Resultados:** A média de idade foi 54,6 anos. As curvas de aprendizagem mostraram uma relação inversa entre a experiência cirúrgica e a variável analisada, atingindo um ponto de inflexão para o tempo de cirurgia no caso 43 e da perda sanguínea no caso 48. O tempo médio de cirurgia foi de 203,3 minutos (amplitude interquartil [IQR] 150 - 240 minutos), de sangramento intraoperatório foi 97,4 ml (IQR 40-100 ml) e de internação hospitalar foi de quatro dias (IQR 3-5 dias). **Conclusões:** O MI-TLIF é um procedimento realizado com muita frequência devido à sua eficácia e segurança, que tem mostrado resultados comparáveis com o procedimento aberto. De acordo com este estudo, a curva de aprendizagem necessária é ligeiramente maior do que para os procedimentos abertos, sendo que é atingida depois de cerca de 45 casos.

**Descritores:** Curva de aprendizado; Vértebras Lombares; Fusão vertebral; Procedimentos cirúrgicos minimamente invasivos; Degeneração do disco intervertebral; Resultado do tratamento.

## ABSTRACT

**Objective:** To describe the learning curve that shows the progress of a single neurosurgeon when performing single-level MI-TLIF. **Methods:** We included 99 consecutive patients who underwent single-level MI-TLIF by the same neurosurgeon (JASS). Patient's demographic characteristics were analyzed. In addition, surgical time, intraoperative blood loss and hospital stay were evaluated. The learning curves were calculated with a piecewise regression model. **Results:** The mean age was 54.6 years. The learning curves showed an inverse relationship between the surgical experience and the variable analyzed, reaching an inflection point for surgical time in case 43 and for blood loss in case 48. The mean surgical time was 203.3 minutes (interquartile range [IQR] 150-240 minutes), intraoperative bleeding was 97.4ml (IQR 40-100ml) and hospital stay of four days (IQR 3-5 days). **Conclusions:** MI-TLIF is a very frequent surgical procedure due to its effectiveness and safety, which has shown similar results to open procedure. According to this study, the required learning curve is slightly higher than for open procedures, and is reached after about 45 cases.

**Keywords:** Learning curve; Lumbar vertebrae; Spinal fusion; Minimally invasive surgical procedures; Intervertebral disc degeneration; Treatment outcome.

Trabajo realizado en Centro Médico ABC, Santa Fe, Cuajimalpa, Ciudad de México.

Correspondencia: José Antonio Soriano-Sánchez. Centro Neurológico ABC, Centro Médico ABC. Av. Carlos Graef Fernández 154 – 157, Santa Fe, Cuajimalpa, Ciudad de México. 05300. neurojass1@hotmail.com

## INTRODUCCIÓN

Cuando se aprende un nuevo procedimiento el desempeño tiende a mejorar con la experiencia, sin embargo en medicina no existen medidas certeras para el seguimiento de dicha mejoría. Es por esto que se han adaptado las curvas de aprendizaje que fueron descritas por primera vez en 1936 por TP Wright, un ingeniero aeronáutico, y que se han utilizado ampliamente en la industria ya que la medición del desempeño es muy clara. Este tipo de curvas se han adoptado en la práctica clínica aunque sus resultados no son tan contundentes como en la industria ya que se involucran un mayor número de factores.<sup>1,2</sup> Para poder medir el aprendizaje en un procedimiento quirúrgico se pueden evaluar factores del procedimiento (tiempo quirúrgico, pérdida sanguínea, entre otros) y relacionados al desenlace del paciente (requerimientos de analgesia, transfusión sanguínea, tipo de hospitalización, estancia hospitalaria, morbilidad, mortalidad, supervivencia, entre otras). Es importante mencionar que no todas las variables son adecuadas para evaluar todos los procedimientos, por ejemplo la mortalidad no es buen factor a evaluar para procedimientos con poco riesgo de mortalidad.<sup>1</sup>

La fusión lumbar intersomática transformaminal (TLIF, por sus siglas en inglés), constituye uno de los procedimientos quirúrgicos que se realizan con más frecuencia en el ámbito de la neurocirugía.<sup>3</sup> En los últimos años, a nivel mundial, se han desarrollado e implementado numerosos procedimientos de mínima invasión y cada vez existe mayor evidencia respecto a sus beneficios en comparación con procedimientos quirúrgicos abiertos y particularmente para TLIF por mínima invasión (MI-TLIF, por sus siglas en inglés).<sup>4-9</sup> Recientemente numerosos artículos publicados evidencian las principales ventajas del MI-TLIF, incluyendo menor pérdida sanguínea, menor intensidad de dolor postoperatorio, menor duración de hospitalización peri-operatoria y periodos menores de recuperación (Escala de discapacidad de Oswestry).<sup>5-7</sup> En recientes artículos de revisión se sugiere que los resultados a largo plazo de MI-TLIF en relación a porcentajes de fusión y complicaciones son comparables con las técnicas abiertas.<sup>8-10</sup> En contraste la exposición a radiación ionizante es uno de los principales factores que se argumenta en contra del MI-TLIF.<sup>11</sup> De igual manera los tiempos quirúrgicos se han reportado mayores para la técnica MI, al menos durante los primeros casos, que pudiera reflejar diferencias técnicas, pero más algunos autores asocian con una curva importante de aprendizaje.<sup>12-18</sup>

El objetivo de este trabajo es presentar y analizar la curva de aprendizaje para MI-TLIF en un nivel de un sólo neurocirujano (JASS). Para este motivo evaluamos diferentes parámetros como tiempo quirúrgico, cantidad de sangrado y días de hospitalización.

## MATERIAL Y MÉTODOS

Se realizó un estudio retrospectivo que incluyó todos los pacientes operados de MI-TLIF de un nivel, en una sola institución y por un mismo neurocirujano (JASS). Durante un periodo de tiempo comprendido desde septiembre 2005 hasta agosto 2014. Se llevó a cabo una revisión retrospectiva de los expedientes clínicos para

reportar y evaluar tiempo quirúrgico, sangrado transoperatorio y tiempo de hospitalización. Es importante mencionar que todos los procedimientos fueron llevados a cabo tras la correcta firma del consentimiento informado para el procedimiento quirúrgico y el estudio fue debidamente aceptado por el comité de ética del centro médico donde fue realizado.

Los datos evaluados se describieron en términos de porcentajes o proporciones, media aritmética y derivación estándar o mediana y rango intercuartil (IQR) cuando fuese apropiado. Se extraen las curvas de aprendizaje de cada variable quirúrgica mediante análisis de regresión *piecewise* para determinar el punto de inflexión de la curva. El análisis estadístico se realizó utilizando el programa SigmaPlot Statistical Software (versión 12.3) y el programa Stata Corporation College. Station Tx, EE.UU.

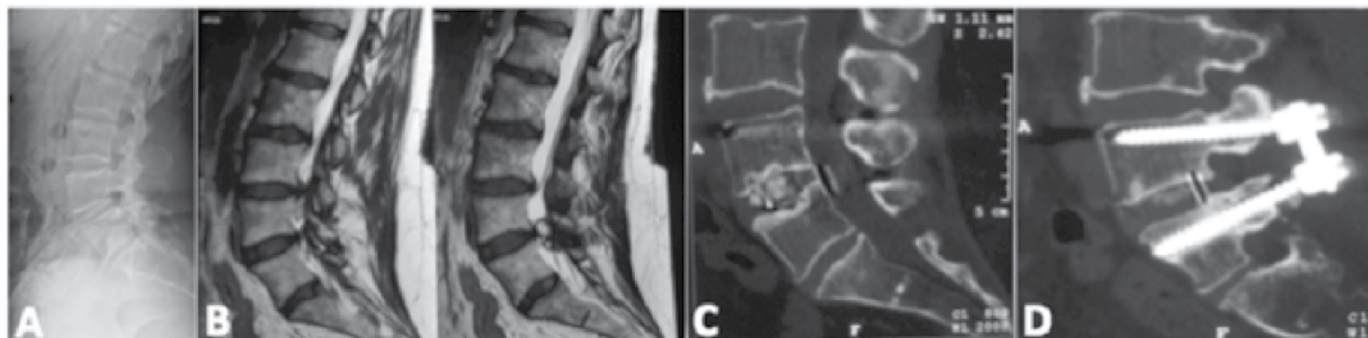
El procedimiento quirúrgico se realizó siguiendo la técnica convencional descrita para MI-TLIF, publicada previamente.<sup>19</sup> Basados en la planeación radiológica, se realiza una incisión de aproximadamente 2.5cm y se coloca el retractor tubular (METRx®, Medtronic, EE.UU.) de 20mm en el surco entre el músculo longissimus e iliocostalis y se identifica la faceta lateral así como los puntos de referencia anatómicos. Se realiza fresado de la faceta lateral, manteniendo siempre el abordaje dentro del triángulo de Kambin y se procede a realizar discectomía radical y preparación de la placa terminal supra e infrayacente, seguidamente tras la colocación de chips de hueso y proteína morfogenética ósea (OMC®, Biotech, Italia), se coloca caja intersomática con punta de bala (Forza®, Orthofix, EE.UU). Posteriormente se realiza una revisión bajo visión microscópica para resecar segmentos de disco que hayan podido protruir. Posteriormente se realiza la colocación de los tornillos transpediculares canulados guiados por imagen a través de incisión ya utilizada en abordaje tubular.

## RESULTADOS

Se incluyeron 99 pacientes con edad promedio al momento de la cirugía de 54.6 años  $\pm$  13.9 (rango, 21 – 84 años), durante el periodo de tiempo comentado en material y métodos, comprendiendo de 41 hombres (41%) y 58 mujeres (59%). (Tabla 1) Las indicaciones para MI-TLIF incluyeron espondilolistesis degenerativa, enfermedad discal degenerativa, (Figura 1) enfermedad de disco adyacente e inestabilidad segmentaria. Se puede notar una clara tendencia al incremento de procedimientos quirúrgicos por año, iniciado con un caso el primer año y hasta alcanzar 19 procedimientos en los últimos

**Tabla 1.** Características de pacientes.

Característica		Valor
Número de pacientes		99
Edad (años)	Media	54.6 13.9
	Rango	21 - 84
Sexo	Hombres	41 (41%)
	Mujeres	58 (59%)



**Figura 1.** Caso ilustrativo de paciente con enfermedad degenerativa discal L4-L5 a quien se le realizó MI-TLIF de 1 nivel (L4-L5). Radiografía preoperatoria (A). Resonancia magnética de columna lumbar en T2 preoperatoria (B) demostrando compresión radicular L4-L5. En la tomografía postoperatoria a 1 año se observa fusión en la línea media (C) y adecuada colocación de los tornillos y barras (D).

dos años, siendo que en los últimos tres años se realizaron más de 50 procedimientos; (Figura 2) cabe destacar que durante el quinto y sexto año ocurrió disminución en el número de casos debido a la menor disponibilidad del material quirúrgico por disposiciones oficiales en nuestro país.

Se registró una mediana del tiempo quirúrgico de 203.3 min (IQR 150 – 240 min), (Figura 3) con una mediana del sangrado transoperatorio de 97.4mL (IQR 40 – 1000mL) (Figura 4) y la mediana de estancia intrahospitalaria fue de 4 días (IQR 3 – 5 días). (Figura 5)

Las curvas de aprendizaje respecto al tiempo quirúrgico y el sangrado transoperatorio demostraron disminución progresiva de ambas variables conforme se incrementó la cantidad de procedimientos operados de manera consecutiva, hasta evidenciar un punto de inflexión en cada curva indicando la proporción de los casos correspondientes a la experiencia inicial en la realización del MI-TLIF y los pacientes en los que se efectuó el procedimiento con la experiencia suficiente para mantener constante el tiempo quirúrgico y la cantidad de sangrado. En la (Figura 6) podemos observar la curva de aprendizaje para el tiempo quirúrgico en donde se puede identificar que el punto de inflexión se presentó en el caso número 43. De igual manera en la (Figura 7) podemos observar la curva de aprendizaje para el sangrado transoperatorio en donde se identificó un punto de inflexión en el caso 48.

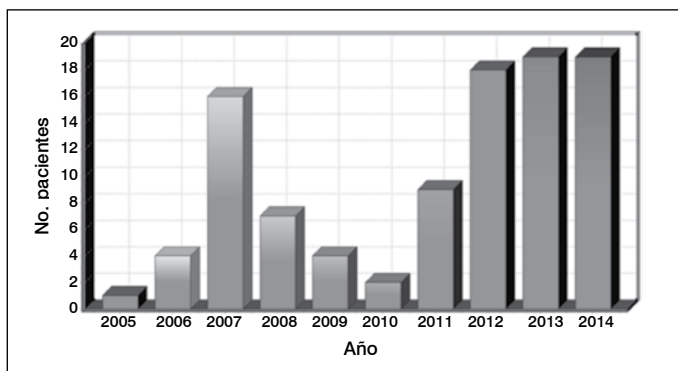


Figura 2. Número de procedimientos por año.

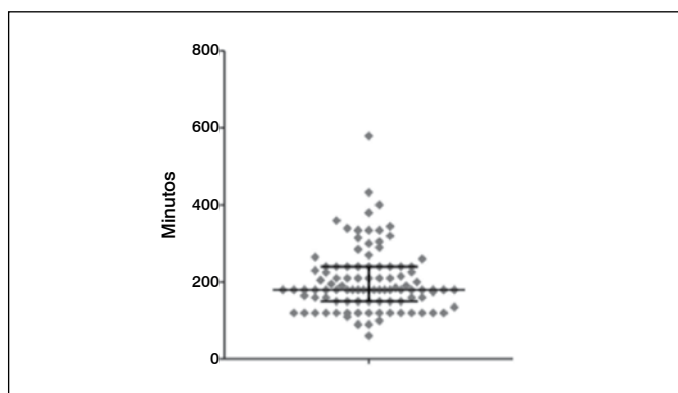


Figura 3. Distribución de frecuencia de pacientes según tiempo quirúrgico.

## DISCUSIÓN

Las técnicas de MI para cirugía columna han ido ganando cada vez más difusión y aceptación ya que con mayor frecuencia se reportan los beneficios que ofrecen este tipo de técnicas respecto a los procedimientos abiertos. Entre las ventajas reportadas se encuentra menor intensidad de dolor postoperatorio, menor trauma quirúrgico a musculatura paravertebral y tejidos neurales adyacentes así como menores tiempos de recuperación.<sup>4-9</sup> Sin embargo, a pesar de las ventajas señaladas, existen algunas desventajas que deben de ser tomadas en cuenta. Entre dichas desventajas una de

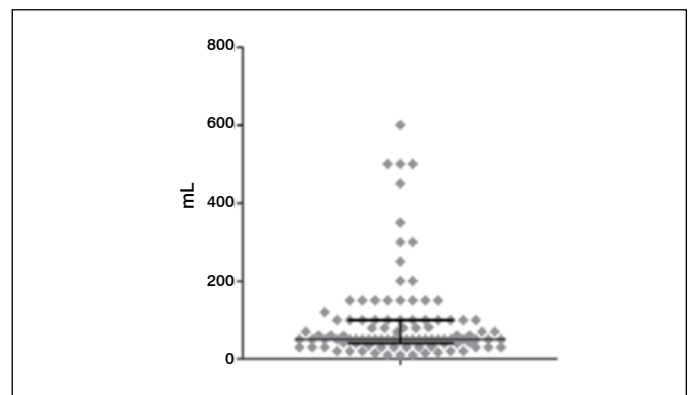


Figura 4. Distribución de frecuencia de pacientes según sangrado transoperatorio.

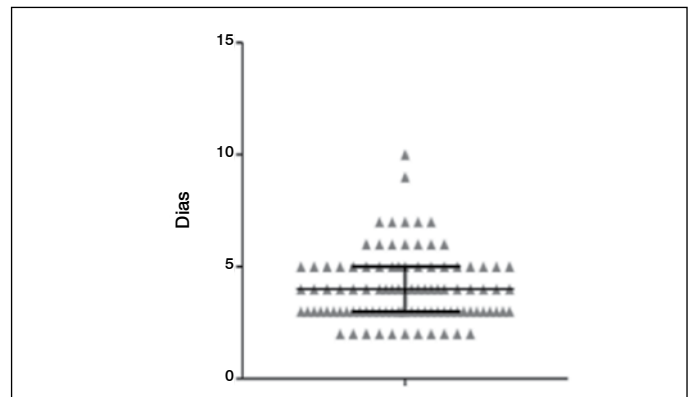


Figura 5. Distribución de frecuencia de pacientes según estancia intrahospitalaria.

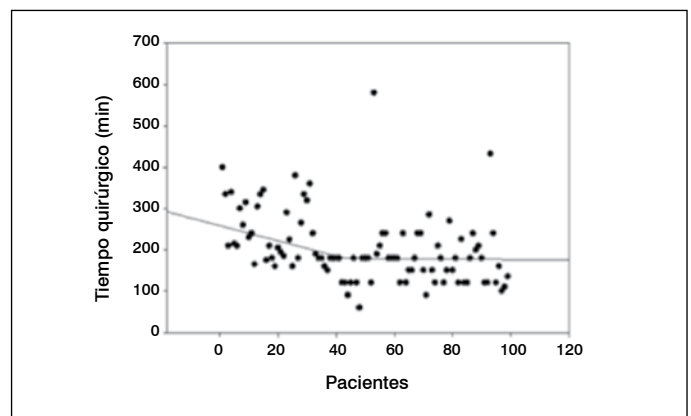
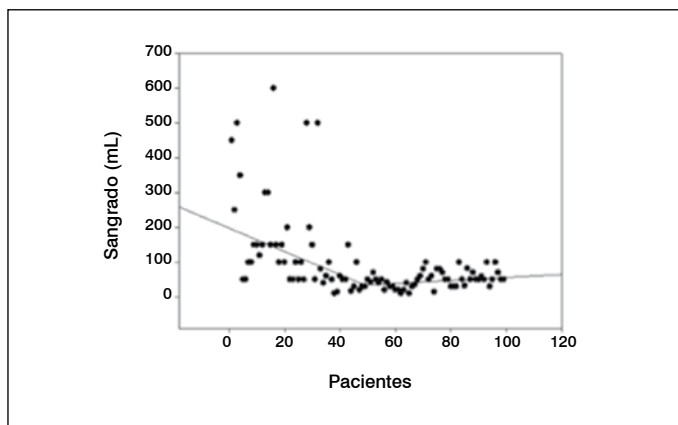


Figura 6. Curva de aprendizaje de pacientes sometidos a MI-TLIF (n=99) según el tiempo quirúrgico. Punto de inflexión en el paciente número 43.

MI-TLIF = Fusión lumbar intersomática transforaminal de mínima invasión.

las principales es la curva de aprendizaje que requieren este tipo de procedimientos para lograr efectuarlos de forma segura y con resultados comparables con la literatura. Este es un factor que ha llevado a que muchos cirujanos de columna no sean atraídos por hacer el cambio de procedimientos abiertos clásicos, con los que tienen buenos resultados y pocas complicaciones, por las nuevas técnicas de MI. Otra de las desventajas que se han comentado en un inicio para los procedimientos MI son los elevados costos que ellos conllevan debido a los materiales y equipos requeridos para realizarlos. Sin embargo han habido ya reportes en la literatura donde se evidencia que a la larga los costos son similares o incluso menores que con los procedimientos abiertos debido a que los



**Figura 7.** Curva de aprendizaje de pacientes sometidos a MI-TLIF (n=99) según el sangrado transoperatorio. Punto de inflexión en el paciente número 48.

MI-TLIF = Fusión lumbar intersomática transforaminal de mínima invasión.

menores tiempos de hospitalización y recuperación permiten una reintegración más pronta a la vida diaria, entre otros factores. Se han reportado ahorros económicos con técnicas de MI, tanto por ahorros directos como indirectos, de hasta 49% en relación a los procedimientos abiertos.<sup>7,12</sup>

Como se mencionó previamente no existe hasta el momento un método estadístico ideal para valorar el aprendizaje en medicina y en particular en procedimientos quirúrgicos. Por lo que existen algunos cálculos que se han adaptado para este fin. En este caso elegimos las curvas tipo piecewise para el cálculo de curva de aprendizaje, en

donde la forma de la curva corresponde a un modelo de regresión exponencial donde la curva cae dramáticamente en forma inicial y conforme avanzan los casos consecutivamente dicha curva va acercándose hacia una asíntota. El modelo piecewise nos permite obtener un punto de inflexión más preciso tanto estadísticamente como visualmente, por lo que mostró ser el mejor modelo para el objetivo planteado. Al utilizar este tipo de curvas pudimos observar que la asíntota se alcanzó en esta serie en el caso 43 para el tiempo quirúrgico y en el caso 48 para el sangrado transoperatorio. De igual manera la mediana de tiempo quirúrgico fue de 203.3 minutos y la mediana de sangrado transoperatorio fue de 97.4mL. Esta información nos refleja el número de casos que fueron necesarios para alcanzar el punto en el que el cirujano logró culminar su curva de aprendizaje, siendo que los datos presentados se encuentran en concordancia con publicaciones previas donde reportes de tiempo quirúrgico van desde 104 minutos hasta 389.7 minutos y las curvas de aprendizaje se alcanzan alrededor del caso 40.<sup>12,20</sup>

## CONCLUSIONES

Como se puede observar en el artículo el MI-TLIF es una técnica segura y efectiva para lograr artrodesis lumbar con resultados equiparables a las técnicas abiertas. Como se ha evidenciado en la literatura previa así como en el presente artículo es importante tomar en cuenta la curva de aprendizaje necesaria para esta técnica quirúrgica que se puede alcanzar tras aproximadamente 45 casos.

Todos los autores declaran ningún conflicto de intereses potencial con respecto a este artículo.

**CONTRIBUCION DE LOS AUTORES:** Todos los autores tuvieron una participación activa e indispensable para la realización de este trabajo. SRF (ORCID: 0000-0001-8089-6684) fue encargado de realizar la revisión, redacción y coordinación del trabajo. JASS es el cirujano a cargo de la realización de los procedimientos quirúrgicos y responsable de la aprobación del trabajo final. SSS, JCZR, CFGP, MRG y HASS contribuyeron de igual manera en la revisión, análisis retrospectivo y recolección de datos.

## REFERENCIAS

- Hopper AN, Jamison MH, Lewis WG. Learning curves in surgical practice. *Postgraduate Medical Journal*. 2007;83(986):777-9.
- Aoun SG, Bendok BR, Mocco JD, Levy EI. Simulation in vascular neurosurgery. *Congress Quarterly: The Future of Neurosurgical Education*. 2011;12(3):9-11. Disponible em: [https://www.cns.org/system/files/congress\\_quarterly/CNSQ\\_11summer\\_0.pdf](https://www.cns.org/system/files/congress_quarterly/CNSQ_11summer_0.pdf)
- Zhang Q, Yuan Z, Zhou M, Liu H, Xu Y, Ren Y. A comparison of posterior lumbar interbody fusion and transforaminal lumbar interbody fusion: a literature review and meta-analysis. *BMC Musculoskelet Disord*. 2014;15:367.
- Schizas C, Tzinieris N, Tziridis E, Kosmopoulos V. Minimally invasive versus open transforaminal lumbar interbody fusion: evaluating initial experience. *Int Orthop*. 2009;33(6):1683-8.
- Lin Y, Chen W, Chen A, Li F. Comparison between minimally invasive and open transforaminal lumbar interbody fusion: a meta-analysis of clinical results and safety outcomes. *J Neurol Surg A Cent Eur Neurosurg*. 2016;77(1):2-10.
- Guan J, Bisson EF, Dailey AT, Hood RS, Schmidt MH. Comparison of clinical outcomes in the national neurosurgery quality and outcomes database for open versus minimally invasive transforaminal lumbar interbody fusion. *Spine (Phila Pa 1976)*. 2016;41(7):E416-21.
- Goldstein CL, Phillips FM, Rampersaud YR. Comparative effectiveness and economic evaluations of open versus minimally invasive posterior or transforaminal lumbar interbody fusion: a systematic review. *Spine (Phila Pa 1976)*. 2016;41 Suppl 8:S74-89.
- Seng C, Siddiqui MA, Wong KP, Zhang K, Yeo W, Tan SB, et al. Five-year outcomes of minimally invasive versus open transforaminal lumbar interbody fusion: a matched-pair comparison study. *Spine (Phila Pa 1976)*. 2013;38(23):2049-55.
- Wu RH, Fraser JF, Härtl R. Minimal access versus open transforaminal lumbar interbody fusion: meta-analysis of fusion rates. *Spine (Phila Pa 1976)*. 2010;35(26):2273-81.
- Wong AP, Smith ZA, Stadler JA 3rd, Hu XY, Yan JZ, Li XF, et al. Minimally invasive transforaminal lumbar interbody fusion (MI-TLIF): surgical technique, long-term 4-year prospective outcomes, and complications compared with an open TLIF cohort. *Neurosurg Clin N Am*. 2014;25(2):279-304.
- Kim CH, Lee CH, Kim KP. How high are radiation-related risks in minimally invasive transforaminal lumbar interbody fusion compared with traditional open surgery?: a meta-analysis and dose estimates of ionizing radiation. *Clin Spine Surg*. 2016;29(2):52-9.
- Silva PS, Pereira P, Monteiro P, Silva PA, Vaz R. Learning curve and complications of minimally invasive transforaminal lumbar interbody fusion. *Neurosurg Focus*. 2013;35(2):E7.
- Nandyala SV, Fineberg SJ, Pelton M, Singh K. Minimally invasive transforaminal lumbar interbody fusion: one surgeon's learning curve. *Spine J*. 2014;14(8):1460-5.
- Ryang YM, Villard J, Obermüller T, Friedrich B, Wolf P, Gempt J, et al. Learning curve of 3D fluoroscopy image-guided pedicle screw placement in the thoracolumbar spine. *Spine J*. 2015;15(3):467-76.
- Wang B, Lü G, Patel AA, Ren P, Cheng I. An evaluation of the learning curve for a complex surgical technique: the full endoscopic interlaminar approach for lumbar disc herniations. *Spine J*. 2011;11(2):122-30.
- Wang H, Huang B, Li C, Zhang Z, Wang J, Zheng W, et al. Learning curve for percutaneous endoscopic lumbar discectomy depending on the surgeon's training level of minimally invasive spine surgery. *Clin Neurol Neurosurg*. 2013;115(10):1987-91.
- Park Y, Lee SB, Seok SO, Jo BW, Ha JW. Perioperative surgical complications and learning curve associated with minimally invasive transforaminal lumbar interbody fusion: a single-institute experience. *Clin Orthop Surg*. 2015;7(1):91-6.
- Ng CL, Pang BC, Medina PJ, Tan KA, Dahshaini S, Liu LZ. The learning curve of lateral access lumbar interbody fusion in an Asian population: a prospective study. *Eur Spine J*. 2015;24 Suppl 3:361-8.
- Quillo-Olvera J, Soriano-Solis S, Ortiz-Leyva RU, Gutiérrez-Partida CF, Rodríguez-García M, Soriano-Sánchez JA. Microsurgical landmarks in minimally invasive transforaminal lumbar interbody fusion. *Coluna/Columna*. 2015;14(4):317-9.
- Tian NF, Wu YS, Zhang XL, Xu HZ, Chi YL, Mao FM. Minimally invasive versus open transforaminal lumbar interbody fusion: a meta-analysis based on the current evidence. *Eur Spine J*. 2013;22(8):1741-9.