

Technical Notes

Abordaje mínimamente invasivo para el tratamiento de tumores espinales intradurales extramedulares: Nota Técnica

Minimally invasive approach for the treatment of intradural extramedullary spinal tumors: Technical note

Federico Landriel, Santiago Hem, Eduardo Vecchi, Claudio Yampolsky

Department of Neurosurgery, Hospital Italiano de Buenos Aires, Buenos Aires, Ciudad de Buenos Aires, Argentina.

E-mail: *Federico Landriel - federico.landriel@hospitalitaliano.org.ar; Santiago Hem - santiago.hem@hospitalitaliano.org.ar; Eduardo Vecchi - eduardo.vecchi@hospitalitaliano.org.ar; Claudio Yampolsky - claudio.yampolsky@hospitalitaliano.org.ar



*Corresponding author:

Federico Landriel,
Department of Neurosurgery,
Hospital Italiano de Buenos
Aires, Sanchez de Bustamante,
Buenos Aires 1173, Ciudad de
Buenos Aires, Argentina.
federico.landriel@hospitalitaliano.org.ar

Received : 14 September 2020

Accepted : 03 October 2020

Published : 03 February 2021

DOI

10.25259/SNI_643_2020

Video available on:

www.surgicalneurologyint.com

Quick Response Code:



RESUMEN

Objetivo: Describir la técnica de abordaje mínimamente invasiva para el tratamiento de tumores intradurales extramedulares en los diferentes segmentos espinales.

Material y Métodos: Se detallan la planificación, posicionamiento, marcación, pasos técnicos del abordaje mínimamente invasivo, exéresis lesional y cierre de lesiones ID-EM a nivel cervical, dorsal, lumbar y sacro. Se proporcionan recomendaciones para descomplejizar maniobras quirúrgicas, acortar el tiempo operativo y evitar potenciales complicaciones.

Conclusiones: El abordaje MISS es una opción segura y eficaz para el tratamiento quirúrgico de determinados tumores ID-EM.

Palabras Clave: Hemilaminectomía MISS, Meningioma MISS, Schwannoma MISS, Tumores espinales mínimamente invasivos

ABSTRACT

Objectives: The objective of the study was to describe the technique of minimally invasive approach for the treatment of intradural extramedullary tumors in the different spinal segments.

Material and Methods: The planning, positioning, skin marking, technical steps of the minimally invasive approach, lesion resection, and closure of ID-EM lesions at the cervical, dorsal, lumbar, and sacral levels are detailed. Recommendations are provided to simplify surgical maneuvers, shorten operative time, and avoid potential complications.

Conclusion: The MIS approach is a safe and effective option for the surgical treatment of certain ID-EM tumors.

Keywords: Minimally invasive spinal tumors, MISS hemilaminectomy, MISS meningioma, MISS schwannoma

This is an open-access article distributed under the terms of the Creative Commons Attribution-Non Commercial-Share Alike 4.0 License, which allows others to remix, tweak, and build upon the work non-commercially, as long as the author is credited and the new creations are licensed under the identical terms.

©2020 Published by Scientific Scholar on behalf of Surgical Neurology International

INTRODUCCIÓN

Los tumores espinales intradurales extramedulares (ID-EM) han sido tratados de manera eficiente mediante un abordaje convencional abierto a través de una laminectomía bilateral mono o multisegmentaria. Aunque esta técnica está bien establecida y continúa siendo considerada como el Gold estándar,^[1] se han descrito complicaciones reaccionadas con la eliminación de la banda de tensión posterior como fibrosis peridural, deformidad, mielopatía y dolor dorsal crónico.^[3,21]

Las técnicas de abordaje mínimamente invasivo (MISS), inicialmente utilizadas en patología degenerativa espinal, demostraron ser capaces de lograr los mismos resultados clínicos-terapéuticos que las técnicas convencionales, pero con menor lesión en los tejidos adyacentes, pérdida de sangre intraoperatoria, dolor postoperatorio, estadía hospitalaria y tasa de infecciones.^[39] El perfeccionamiento del instrumental quirúrgico utilizado y la mayor experiencia para operar a través de separadores tubulares a lo largo de los años llevaron a que estas técnicas MISS comiencen a ser utilizadas en cirugías intradurales. El objetivo de este estudio es describir la técnica de abordaje MISS para el tratamiento de este tipo de lesiones en los diferentes segmentos espinales.

MATERIAL Y MÉTODOS

Realizamos la descripción detallada de los pasos técnicos del abordaje MISS para la resección de tumores ID-EM en cada segmento espinal añadiendo recomendaciones para simplificar la planificación, descomplejizar maniobras quirúrgicas, acortar el tiempo operativo y evitar potenciales complicaciones basándonos en la literatura disponible y los resultados de una serie de pacientes operados en nuestro centro.

Realizamos un estudio retrospectivo de una serie consecutiva de 44 pacientes con tumores espinales ID-EM operados mediante una hemilaminectomía mínimamente invasiva (HL-MISS) en un único centro entre enero 2015 y diciembre 2018. Se documentó clínica de presentación, estado

neurológico pre y postoperatorio con la escala de McCormick, nivel espinal, tamaño de la lesión, duración de cirugía, grado de resección, días de internación, anatomía patológica del tumor, complicaciones y deformidad postquirúrgica al último control.

Técnica quirúrgica

Todos los pacientes de la serie fueron operados en decúbito ventral con monitoreo neurofisiológico consistente en potenciales evocados sensitivo-motores y electromiografía radicular para identificar la o las raíces comprometidas en lesiones cervicales y lumbares. Se realiza la marcación del nivel patológico en la piel con fluoroscopia lateral con excepción de lesiones dorsales altas. Se realiza una incisión paramedial de aproximadamente 3cm, la distancia a la línea media dependerá del nivel operado, índice de masa corporal del paciente, y de la planificación preoperatoria en cortes axiales de RMI [Figura 1-3]. Se realiza la apertura de la fascia muscular con monopolar y mediante disección digital o con un hisopo se separan las fibras musculares hasta las laminas correspondientes. A continuación, se insertan los separadores tubulares de diámetro creciente seguidos de un retractor tubular METRx MAST Quadrant Medtronic®, que puede expandirse de 22 a 52 mm en sentido cefalocaudal. El separador es fijado a la camilla mediante un brazo metálico articulado. Se confirma su correcta posición con radioscopia anteroposterior (AP) y lateral, se expanden sus valvas según necesidad. Se elimina el resto de las partes blandas en el fondo del retractor tubular con mono y bipolar bajo magnificación microscópica. Se exponen la base de la o las apófisis espinosas, laminas y tercios medios de facetas articulares ipsilaterales correspondientes. Con un dril de alta velocidad se adelgazan las hemilaminas necesarias y se completa la laminectomía con pinzas de Kerrison 2 o 3, se remueve el ligamento amarillo exponiendo de esta forma la duramadre. Se angula medialmente el retractor tubular permitiendo el drilado de la base de la o las apófisis espinosas y parte de la lamina contralateral. Opcionalmente puede lateralizarse la camilla quirúrgica de 10–20 grados hacia el lado contralateral

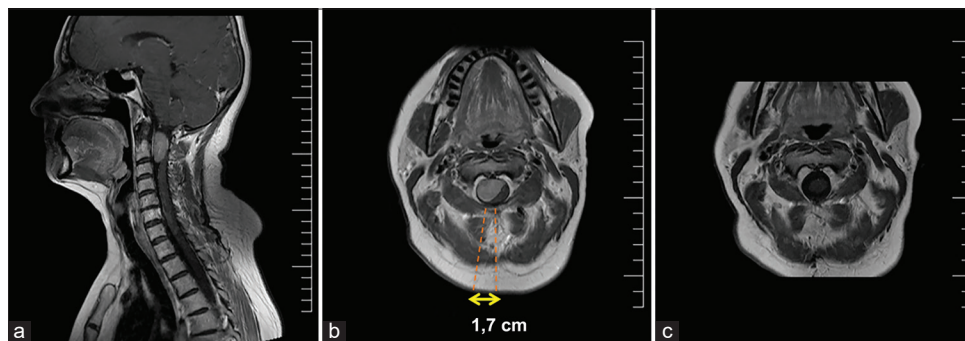


Figura 1: Planificación ID-EM cervical. (a y b) RMI T1 con contraste muestran lesión C1-C2 anteromedular. (b) Evidencia planificación de incisión cutánea preoperatoria. (c) RMI T1 con contraste postoperatoria muestra exéresis completa de la lesión.

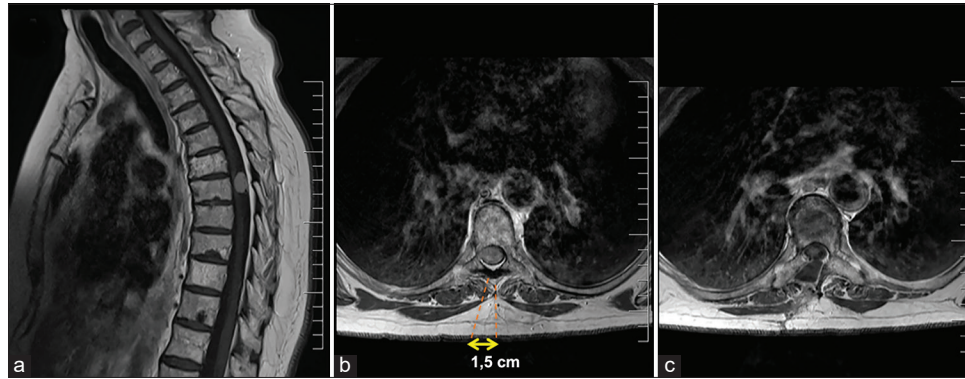


Figura 2: Planificación ID-EM dorsal. (a y b) RMI T1 con contraste muestran lesión T7-T8 posteromedular. (b) Evidencia planificación de incisión cutánea preoperatoria. (c) RMI T1 con contraste postoperatoria muestra exéresis completa de la lesión.

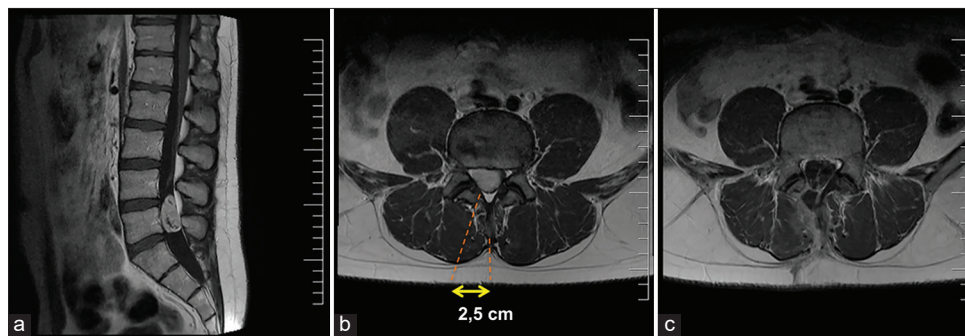


Figura 3: Planificación ID-EM lumbar. (a y b) RMI T1 con contraste muestran lesión a nivel L5. (b) Evidencia planificación de incisión cutánea preoperatoria. (c) RMI T1 con contraste postoperatoria muestra exéresis completa de la lesión.

para obtener una mejor visualización del campo quirúrgico. Se completa el abordaje con pinzas Kerrison hasta tener una amplia exposición del saco dural. Se realiza la durotomía y sus bordes anclan a los músculos paraespinales con seda 3.0. La resección tumoral se realiza siguiendo los pasos microquirúrgicos convencionales. La duramadre se cierra con sutura continua cruzada de seda 5.0 o 6.0 utilizando un porta agujas Castroviejo. Se realiza maniobra de Valsalva para descartar fístula de LCR. Opcionalmente, se refuerza cierre con sellador dural. La fascia se cierra con Vicryl 0 y el tejido celular subcutáneo con Vicryl 3-0, la piel se cierra según preferencia del cirujano con sutura intradérmica de Monocryl 3.0, sutura continua de Nylon 3.0 o Steril strips.

Tumores cervicales – [Video 1]

El paciente es posicionado en decúbito ventral tipo Concord con la cabeza en ligera flexión fijada con un cabezal de tres pines y el tórax levemente levantado. La marcación cutánea del nivel patológico puede realizarse sin problemas con radioscopia lateral generalmente hasta C5, en pacientes con lesiones cervicales bajas en quienes no se visualicen los niveles comprometidos en radiografías cervicales de perfil preoperatorias debe considerarse marcación bajo TAC con

carbono antes del procedimiento. La HL-MISS a nivel cervical ofrece un amplio corredor quirúrgico sobre todo a nivel cervical alto, donde las espinosas son más cortas y el canal más amplio. El ángulo de trabajo que puede proporcionar esta región anatómica por las facetas articulares aplanadas permite resear con seguridad lesiones ancladas inclusive a la duramadre anterolateral.^[17]

Tumores dorsales – [Video 2]

El paciente se posiciona en decúbito ventral con realces debajo del tórax y caderas. Las lesiones en vertebras dorsales altas a menos que presenten una remodelación ósea visible en radiografías AP, son marcadas con carbono bajo TAC 24 a 48 hrs previas a la cirugía. Las lesiones por debajo de T6 suelen ser marcadas bajo radioscopia intraoperatoria sin ninguna dificultad. A nivel dorsal la angulación del retractor tubular se encuentre un poco limitada por las costillas y apófisis transversas. Aplanamos las transversas y facetas articulares con drill a demanda dependiendo de la localización del tumor. De ser necesario se puede resear una costilla en su articulación costo-vertebral para ampliar el corredor quirúrgico sin necesidad de instrumentación a menos que sea a nivel de la transición cérvico-torácica o

tóraco-lumbar. A diferencia del canal cervical, el espacio de trabajo es menor porque recomendamos ser insistentes en el vaciamiento de la lesión antes de intentar la movilización de la pieza tumoral.

Tumores lumbares – [Video 3]

El paciente se posiciona en decúbito ventral con realces debajo del tórax y caderas, los tumores a este suelen ser más voluminosos debido a que las raíces nerviosas tienen mayor tolerancia a la compresión,^[40] para lesiones menores a 1cm, no adheridas a la duramadre debe considerarse leve movimiento de la lesión con el paciente en decúbito ventral por lo que debe buscarse la lesión generalmente levemente caudal a donde se realizó la hemilaminectomía. El canal extenso y la ausencia de medula por debajo de L2 permite realizar rangos de movimiento más amplios así como la manipulación de las raíces adheridas al tumor.

Tumores sacros

El paciente se posiciona en decúbito ventral con realces debajo del tórax y caderas. La marcación de la lesión se realiza con radioscopia lateral. No existe una ventaja en realizar un abordaje unilateral debido a que una laminectomía no tiene riesgo de deformidad a este nivel, un abordaje MIS podría disminuir la posibilidad de infección al exponer menos partes blandas principalmente en pacientes obesos.

RESULTADOS

Se operaron 44 pacientes, con una edad promedio de 59 años (rango 26–83), el 63.3% ($n = 28$) fueron mujeres. El 47.7% ($n = 21$) consultó por radiculopatía, el 34% ($n = 15$) por mielopatía y el 18.2% ($n = 8$) restante por dolor somático. El 18.2% ($n = 8$) de los tumores fueron cervicales, el 45.4% ($n = 20$) torácicos, el 27.2% ($n = 12$) lumbares, el 6.8% ($n = 3$) de la unión tóraco-lumbar y el 2.2% ($n = 1$) sacro. Las dimensiones promedio de los tumores fueron 19.15 mm en sentido transversal, 15.77 mm anteroposterior y 21.01 mm en sentido cefalocaudal. Se logró una resección completa del tumor en el 95.45% ($n = 42$) de los pacientes, el tiempo quirúrgico promedio fue 232.2 min (rango 90–480) y se requirió instrumentación solamente en 1 paciente debido a la asociación de la lesión a una fractura tipo B2 en el mismo nivel.

El promedio de días de internación fue de 3.5 días (rango 2–41). La estirpe tumoral más frecuente fue schwannoma 52.2% ($n = 23$), seguido por meningioma 40.9% ($n = 19$), ependimoma 4.5% ($n = 2$) y hemangioma 2.2% ($n = 1$).

El 91% ($n = 40$) de los pacientes refirió haber mejorado sus síntomas mientras que el 9% ($n = 4$) no presentó cambios con respecto a su estado preoperatorio. El estado neurológico

quirúrgico según la escala de McCormick fue Grado 1: 56.8% ($n = 25$), Grado 2: 34.1% ($n = 15$), Grado 3: 6.8% ($n = 3$) y Grado 4: 2.27% ($n = 1$). La mejoría del mismo al último control fue Grado 1: 91% ($n = 40$), Grado 2: 6.8% ($n = 3$), Grado 3: 2.2% ($n = 1$). Tuvimos 4 complicaciones quirúrgicas, 1 paciente presentó una paresia 4/5 a la dorsiflexión del pie derecho que recupero totalmente a los 3 meses, 3 pacientes presentaron pseudomeningoceles autolimitados. El paciente de 83 años falleció después de 44 días de internación por complicaciones no-quirúrgicas asociadas a un SIHAD. El seguimiento promedio de los pacientes de nuestra serie fue 16 meses (rango 3–39), ninguno presentó recurrencia tumoral ni deformidad cifótica al último control imagenológico.

DISCUSIÓN

El objetivo principal del tratamiento quirúrgico de los tumores ID-EM es la resección completa de la lesión sin dañar la medula espinal o las raíces nerviosas comprometidas, si bien la hemilaminectomía es una técnica de abordaje al conducto espinal que se utiliza hace más de 110 años,^[34] la laminectomía bilateral continúa siendo considerada como la vía de acceso de elección por muchos cirujanos espinales para el tratamiento de estas lesiones pese su conocida relación con el desarrollo de una deformidad postquirúrgica nueva.^[40] La cifosis post-laminectomía tiene una incidencia aproximada de 8–14% en adultos^[7,29,32] aumenta significativamente en niños,^[20,22,29,41] si se realiza en más de 3 niveles, en zonas de transición cervico-torácica o tóraco-lumbar o si el paciente recibe radioterapia postcirugía.^[1,2,46] Aun así, solo la mitad de los pacientes laminectomizados refieren síntomas asociados^[3,9,23] y aproximadamente el 40–60% requieren fusión en un segundo acto quirúrgico.^[26,32]

La laminotomía multinivel como vía de abordaje alternativa podría disminuir el espacio muerto y la fibrosis epidural postoperatoria al restaurar la cobertura ósea del conducto espinal pero no ha demostrado evitar la deformidad postquirúrgica ni el dolor postoperatorio ya que requiere también la desinserción bilateral de los músculos paraespinales y la sección de los ligamentos inter, supraespinoso y Amarillo.^[5,19,23,27,28,43]

¿Porque entonces no utilizar una vía de acceso menos invasiva? La hemilaminectomía para la resección de tumores ID-EM fue descrita en la década del 80,^[8] y posteriormente popularizada por Yasargil.^[42] Las principales ventajas reportadas de esta técnica de abordaje, en comparación con la laminectomía y laminotomía multinivel, son una menor tasa de inestabilidad y cifosis postquirúrgica como resultado de la preservación de la banda de tensión posterior,^[6,10,14,24,26,27,29,31,44] una menor tasa de fistula de líquido cefalorraquídeo debido a disminuye significativamente del espacio muerto de la cavidad quirúrgica, menor dolor postoperatorio, menor costo^[16,37,44] y estancias hospitalarias más cortas si se realiza con técnicas mínimamente invasivas.^[19,22,34,38] El abordaje

MISS consiste en un acceso transmuscular paramedial que separa las fibras musculares a través de dilatadores tubulares, si bien los tumores ID-EM pueden researse con retractores tubulares rígidos de 18 a 22 mm,^[25] recomendamos la utilización de retractores expandibles ya que aumentan el campo quirúrgico y mejoran la hemostasia al comprimir mecánicamente los tejidos blandos peritubulares.^[12] En algunos tumores de localización posterolateral, el ángulo de abordaje planificado es casi paralelo a la línea media, por lo que se podría acceder a las hemilaminas correspondientes mediante una desinserción subperiostica y retracción muscular unilateral sin que esto las reduzca ventajas de una hemilaminectomía mínimamente invasiva (HL-MISS).^[19] Este abordaje puede utilizarse para resección de tumores en cualquier nivel de la columna y en diferentes localizaciones circunferenciales del conducto espinal, incluyendo lesiones adheridas u originadas en la duramadre anterior.^[4,41]

La hemilaminectomía mínimamente invasiva (HL-MISS) debe ser minuciosamente planeada para la correcta ubicación del nivel patológico ya que, en caso de errar el nivel ofrece poca adaptabilidad por la misma incisión cutánea siendo necesario la conversión a un abordaje convencional o creando un nuevo corredor para acceder cómodamente a la lesión. Turel y col.^[36] han reportado la utilización de capsulas de aceite de bacalao que se pegan a la piel cercana a la lesión antes de realizar la RMN preoperatoria, es un método útil, económico, pero poco exacto sobre todo en pacientes obesos, preferimos en casos de tumores dorsales altos donde la localización lesional con radioscopia puede ser inexacta, la marcación con carbono bajo tac previo a la cirugía. Esto se realiza mediante la infiltración de 1ml de carbono activado suspensión Mamograf® desde el hueso adyacente a la sesión hasta la piel donde se deja una marca. Esta marcación evita la utilización de radioscopia intraoperatoria.

La esencia de la mínima invasión podría ser también una desventaja en tumores IDEM de gran tamaño, la mayoría de estas lesiones presentan un lento crecimiento y provocan síntomas cuando sus dimensiones anteroposterior y lateral se acercan a los límites del conducto espinal.^[35] Por esto, solo el crecimiento céfalo-caudal suele ser ilimitado y es el que se toma en cuenta en la planificación de la HL-MISS. Algunos autores no recomiendan el abordaje MISS en tumores de mas de 2 o 3 segmentos espinales de longitud céfalo-caudal.^[11,15,22,25] Debemos tener en cuenta los diferentes segmentos espinales y las distintas etnias, ya que la medida céfalo-caudal de 2 niveles espinales puede variar de aproximadamente 3.5 a 7 cm si comparamos segmentos cervicales o lumbares. Debido a esta variabilidad, sugerimos limitar la HL-MISS acorde a las medidas de apertura céfalo-caudal del instrumental disponible, sean retractores tubulares rígidos, expandibles o multivalvados, no siendo segura, según nuestra experiencia la exéresis de lesiones que excedan las medidas del separador.

Si bien algunos autores limitan la HL-MISS para tumores ID-EM de implantación o localización solamente posterolateral,^[45] consideramos que también pueden researse en forma segura lesiones anteriores y anterolaterales laterales si se utilizan algunas maniobras quirúrgicas que mejoren la visualización y disección del tumor como el drilado de la base de las apófisis espinosas, porción posteromedial de las apófisis transversas y tercio medial de facetas, el anclaje la duramadre a las partes blandas perifaceta ipsilateral, la sección de ligamento dentado, el vaciamiento tumoral y la coagulación con bipolar de la capsula^[13,29,33,41] [Figura 4].

La extensión foraminal o extraforaminal de tumores ID-EM no es una contraindicación para una HL-MISS ya que, si presenta un voluminoso componente extraforaminal, este puede ser tratado a través de un abordaje diferente, posterior o previo a la exéresis del componente intracanalicular [Figura 5-6]. En estos tumores en reloj de arena, la hemilaminectomía y

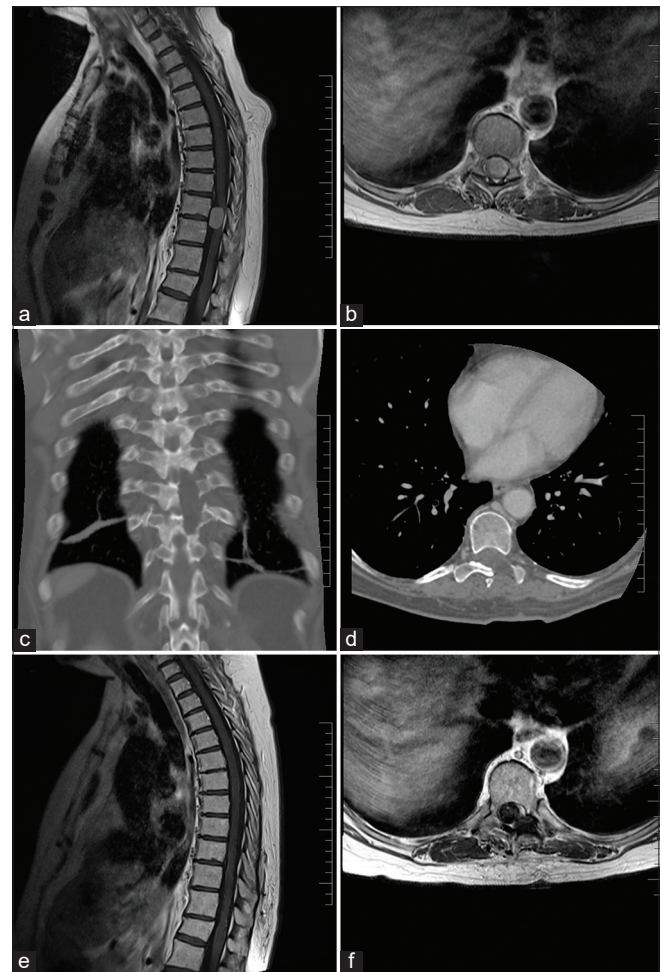


Figura 4: Menioma anterior. (a y b) RMI T1 con contraste muestran lesión T9 de localización anteromedular levemente lateralizada a la derecha. (c y d) TAC postoperatoria evidencian hemilaminectomía izquierda. (e y f) RMI T1 con contraste postoperatoria muestra exéresis completa de la lesión.

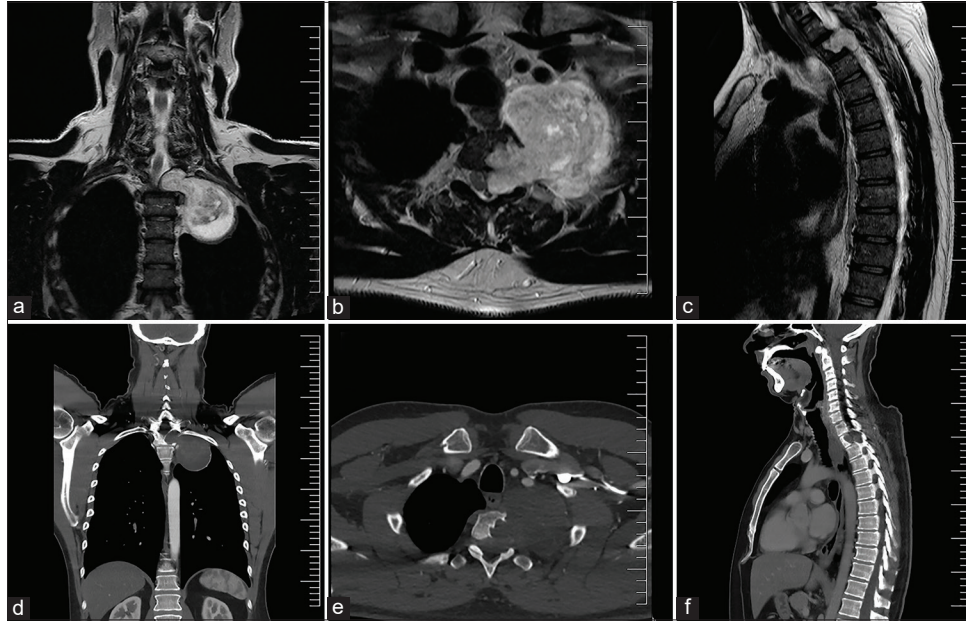


Figura 5: Tumor dumbbel preoperatorio: (a-c) RMI T2 muestran lesión T3 en reloj de arena. (d) TAC coronal muestra extensión de la lesión al ápice pulmonar izquierdo. (e y f) Evidencian remodelación ósea a nivel del cuerpo y foramen izquierdo de T3.

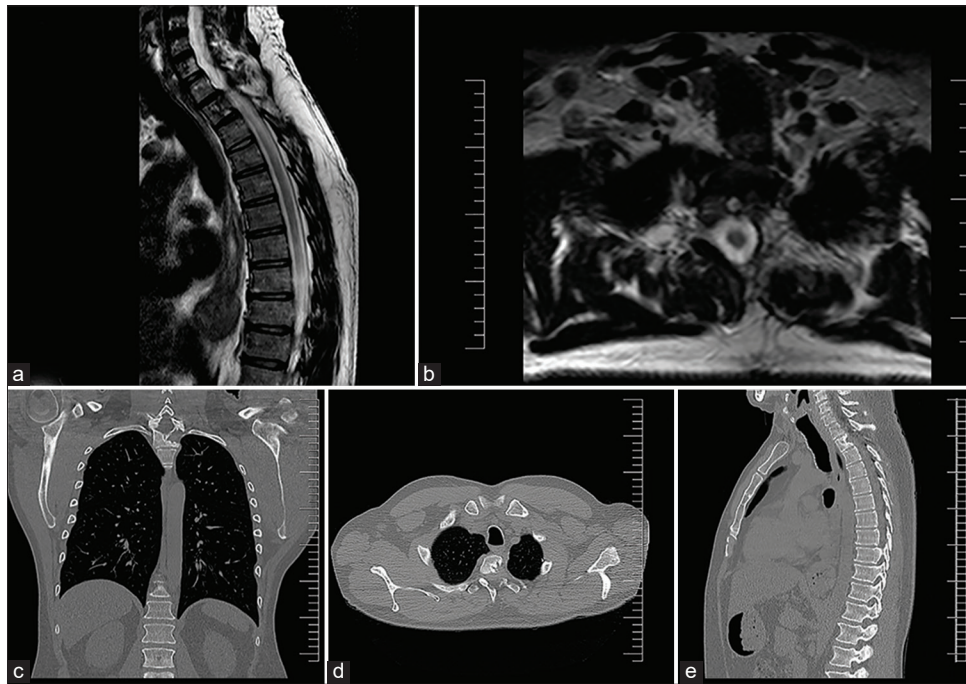


Figura 6: Tumor dumbbel preoperatorio: (a y b) RMI T2 muestran exéresis completa de lesión T3 en reloj de arena. (c) TAC coronal expansión del ápice pulmonar izquierdo. (d y e) Muestran disminución de remodelación ósea a nivel del cuerpo T3 y ausencia de deformidad postoperatoria.

facetomía unilateral a nivel torácico puede no requerir instrumentación adicional ya que la estabilidad proporcionada por la caja torácica generalmente compensa la resección de una articulación facetaria lo que sumado a la preservación de la banda de tensión posterior lograda en la HL-MISS

serían suficientes para evitar la deformidad postquirúrgica a excepción de los niveles cervicotorácico y tóracolumbar.^[18,32]

La HL-MIS presenta algunas contraindicaciones relativas como tumores en herradura que rodeen la medula espinal, tumores muy vascularizados o calcificados.^[11,15,19,30] Uno

de los pacientes de nuestra serie en quien no se realizó una exéresis completa de la lesión debido al difícil control de la hemostasia fue un hemangioma T4-T5 con una gran componente extraforaminal. Cuatro pacientes en nuestra serie presentaron meningiomas parcialmente calcificados los cuales fueron resecados mediante una HL-MISS (Caso 2) aunque a todos se les planteó en la planificación quirúrgica la posibilidad de una potencial conversión en caso de dificultad técnica en la exéresis de la lesión.

El cierre dural en la HL-MISS presenta un considerable grado de dificultad pudiendo ocasionar fístula de LCR si no se realiza cierre un cierre hermético, al igual que otros autores,^[25,29] posterior a dos casos de pseudomeningocele, comenzamos a emplear selladores duros para reforzar la sutura dural continua. Recientemente Luque y col.^[21] describieron la utilización de un punto extracorpóreo ideal para la sutura dural en espacios reducidos y profundos, esta técnica ha mejorado considerablemente la impermeabilidad de nuestros cierres duros al reforzar puntos de pérdida de LCR en la sutura continua.

Con respecto a los resultados obtenidos en nuestra serie, cabe destacar, que pudimos resecar la totalidad del tumor en el 95.45% de los pacientes, el tiempo quirúrgico, estadía hospitalaria, complicaciones postquirúrgicas así como la mejoría de los signos y síntomas de los pacientes fue similar a lo reportado en otras series^[1,15,29,43,44] Aunque se requiere un seguimiento a largo plazo para determinar la ausencia de deformidad y recidiva tardía en nuestra serie creemos que la hemilaminectomía mínimamente invasiva debería ser considerada para el abordaje a tumores ID-EM.

CONCLUSIÓN

La hemilaminectomía MISS es una opción segura y eficaz para el abordaje y exéresis de determinados tumores ID-EM.

Declaration of patient consent

Patient's consent not required as patients identity is not disclosed or compromised.

Financial support and sponsorship

Este estudio fué organizado por el "AO Spine Latin America Study Group". AO Spine es una de las divisiones clínicas de AO Foundation, una organización independiente sin fines de lucro direccionada a médicos. El soporte financiero al estudio se proporcionó directamente a través de AO Spine Latin América.

Conflicts of interest

Ninguno para declarar.

BIBLIOGRAFÍA

1. Afathi M, Peltier E, Adetchessi T, Graillon T, Dufour H, Fuentes S. Minimally invasive transmuscular approach for the treatment of benign intradural extramedullary spinal cord tumours: Technical note and results. *Neurochirurgie* 2015;61:333-8.
2. Ahmed R, Menezes AH, Awe OO, Mahaney KB, Torner JC, Weinstein SL. Long-term incidence and risk factors for development of spinal deformity following resection of pediatric intramedullary spinal cord tumors. *J Neurosurg Pediatr* 2014;13:613-21.
3. Albert TJ, Vacarro A. Postlaminectomy kyphosis. *Spine (Phila Pa 1976)* 1998;23:2738-45.
4. Angevine PD, Kellner C, Hague RM, McCormick PC. Surgical management of ventral intradural spinal lesions. *J Neurosurg Spine* 2011;15:28-37.
5. Asazuma T, Nakamura M, Matsumoto M, Chibo K, Toyama Y. Postoperative changes of spinal curvature and range of motion in adult patients with cervical spinal cord tumors: Analysis of 51 cases and review of the literature. *J Spinal Disord Tech* 2004;17:178-82.
6. Bertalanffy H, Mitani S, Otani M, Ichikizaki K, Toya S. Usefulness of hemilaminectomy for microsurgical management of intraspinal lesions. *Keio J Med* 1992;41:76-9.
7. Butler JC, Whitecloud TS 3rd. Postlaminectomy kyphosis. Causes and surgical management. *Orthop Clin North Am* 1992;23:505-11.
8. Chiou SM, Eggert HR, Laborde G, Seeger W. Microsurgical unilateral approaches for spinal tumour surgery: Eight years' experience in 256 primary operated patients. *Acta Neurochir (Wien)* 1989;100:127-33.
9. Deutsch H, Haid RW, Rodts GE, Mummaneni PV. Postlaminectomy cervical deformity. *Neurosurg Focus* 2003;15:E5.
10. Eggert HR, Scheremet R, Seeger W, Gaitzsch J. Unilateral microsurgical approaches to extramedullary spinal tumours. Operative technique and results. *Acta Neurochir (Wien)* 1983;67:245-53.
11. Gu R, Liu JB, Xia P, Li C, Liu GY, Wang JC, *et al.* Evaluation of hemilaminectomy use in microsurgical resection of intradural extramedullary tumors. *Oncol Lett* 2014;7:1669-72.
12. Haji FA, Cenic A, Crevier L, Murty N, Reddy K. Minimally invasive approach for the resection of spinal neoplasm. *Spine (Phila Pa 1976)* 2011;36:E1018-26.
13. Iacoangeli M, Gladi M, di Rienzo A, Dobran M, Alvaro L, Nocchi N, *et al.* Minimally invasive surgery for benign intradural extramedullary spinal meningiomas: Experience of a single institution in a cohort of elderly patients and review of the literature. *Clin Interv Aging* 2012;7:557-64.
14. Koch-Wiewrodt D, Wagner W, Perneczky A. Unilateral multilevel interlaminar fenestration instead of laminectomy or hemilaminectomy: An alternative surgical approach to intraspinal space-occupying lesions. Technical note. *J Neurosurg Spine* 2007;6:485-92.
15. Konovalov NA, Shevelev IN, Nazarenko AG, Asiutin DS, Korolishin VA, Timonin SI, *et al.* The use of minimally invasive approaches to resect intradural extramedullary spinal cord

- tumors. *Zh Vopr Neurokhir Im N N Burdenko* 2014;78:24-36.
16. KrishnanKutty R, Sreemathyamma SB, Sivanandapanicker JL, Asher P, Prabhakar RB, Peethambaran A. Hemilaminectomy for spinal cord intradural tumors: An institutional experience. *Asian J Neurosurg* 2018;13:760-5.
 17. Landriel F, Hem S, Vecchi E, Yampolsky C. Minimally invasive resection of a cervical anterolateral meningioma: 2-Dimensional operative video. *Oper Neurosurg (Hagerstown)* 2019;16:641.
 18. Landriel F, Hem S, Yampolsky C. Minimally invasive single-stage removal of a thoracic dumbbell tumor from a posterior approach: 2-Dimensional operative video. *Oper Neurosurg (Hagerstown)* 2019;16:641.
 19. Lee SE, Jahng TA, Kim HJ. Different surgical approaches for spinal schwannoma: A single surgeon's experience with 49 consecutive cases. *World Neurosurg* 2015;84:1894-902.
 20. Lonstein JE. Post-laminectomy kyphosis. *Clin Orthop Relat Res* 1977;128:93-100.
 21. Luque LL, Sainz A, Seclen D, Argañaraz R, Martin C, Fessler RG. Primary dural closure in minimally invasive spine surgery using an extracorporeal knot: Technical note. *Oper Neurosurg (Hagerstown)* 2020;19:32-36.
 22. Mannion RJ, Nowitzke AM, Efendy J, Wood MJ. Safety and efficacy of intradural extramedullary spinal tumor removal using a minimally invasive approach. *Neurosurgery* 2011;68 Suppl 1:208-16; discussion 216.
 23. McGirt MJ, Chaichana KL, Atiba A, Bydon A, Witham TF, Yao KC, *et al.* Incidence of spinal deformity after resection of intramedullary spinal cord tumors in children who underwent laminectomy compared with laminoplasty. *J Neurosurg Pediatr* 2008;1:57-62.
 24. Misra SN, Morgan HW. Avoidance of structural pitfalls in spinal meningioma resection. *Neurosurg Focus* 2003;14:e1.
 25. Nzokou A, Weil AG, Shedid D. Minimally invasive removal of thoracic and lumbar spinal tumors using a nonexpandable tubular retractor. *J Neurosurg Spine* 2013;19:708-15.
 26. Ogden AT, Bresnahan L, Smith JS, Natarajan R, Fessler RG. Biomechanical comparison of traditional and minimally invasive intradural tumor exposures using finite element analysis. *Clin Biomech (Bristol, Avon)* 2009;24:143-7.
 27. Ohmori I, Ishida Y, Suzuki K. Suspension laminotomy: A new surgical technique for compression myelopathy. *Neurosurgery* 1987;21:950-7.
 28. Panjabi MM, White AA 3rd. Basic biomechanics of the spine. *Neurosurgery* 1980;7:76-93.
 29. Papagelopoulos PJ, Peterson HA, Ebersold MJ, Emmanuel PR, Choudhury SN, Quast LM. Spinal column deformity and instability after lumbar or thoracolumbar laminectomy for intraspinal tumors in children and young adults. *Spine (Phila Pa 1976)* 1997;22:442-51.
 30. Pompili A, Caroli F, Crispo F, Giovannetti M, Raus L, Vidiri A, *et al.* Unilateral laminectomy approach for the removal of spinal meningiomas and schwannomas: Impact on pain, spinal stability, and neurologic results. *World Neurosurg* 2016;85:282-91.
 31. Sarioglu AC, Hanci M, Bozkuş H, Kaynar MY, Kafadar A. Unilateral hemilaminectomy for the removal of the spinal space-occupying lesions. *Minim Invasive Neurosurg* 1997;40:74-7.
 32. Sciubba DM, Chaichana KL, Woodworth GF, McGirt MJ, Gokaslan ZL, Jallo GI. Factors associated with cervical instability requiring fusion after cervical laminectomy for intradural tumor resection. *J Neurosurg Spine* 2008;8:413-9.
 33. Stillerman CB, Chen TC, Day JD, Couldwell WT, Weiss MH. The transfacet pedicle-sparing approach for thoracic disc removal: Cadaveric morphometric analysis and preliminary clinical experience. *J Neurosurg* 1995;83:971-6.
 34. Taylor AS. X. Unilateral laminectomy. *Ann Surg* 1910;51:529-33.
 35. Tredway TL, Santiago P, Hrubes MR, Song JK, Christie SD, Fessler RG. Minimally invasive resection of intradural-extramedullary spinal neoplasms. *Neurosurgery* 2006;58 Suppl 1:ONS52-8; discussion ONS52-8.
 36. Tumialán LM, Theodore N, Narayanan M, Marciano FF, Nakaji P. Anatomic basis for minimally invasive resection of intradural extramedullary lesions in thoracic spine. *World Neurosurg* 2018;109:e770-7.
 37. Turel MK, Rajshekhar V. Magnetic resonance imaging localization with cod liver oil capsules for the minimally invasive approach to small intradural extramedullary tumors of the thoracolumbar spine. *J Neurosurg Spine* 2014;21:882-5.
 38. Villalonga JF, Cervio A. Surgical treatment of extramedullary intradural injuries by hemilaminectomy. *Rev Argent Neurol* 2017;31:15-22.
 39. Wang MY, Cummock MD, Yu Y, Trivedi RA. An analysis of the differences in the acute hospitalization charges following minimally invasive versus open posterior lumbar interbody fusion. *J Neurosurg Spine* 2010;12:694-9.
 40. Wong AP, Lall RR, Dahdaleh NS, Lawton CD, Smith ZA, Wong RH, *et al.* Comparison of open and minimally invasive surgery for intradural-extramedullary spine tumors. *Neurosurg Focus* 2015;39:E11.
 41. Yaman O, Dalbayrak S. Kyphosis and review of the literature. *Turk Neurosurg* 2014;24:455-65.
 42. Yasargil MG, Tranmer BI, Adamson TE, Roth P. Unilateral partial hemi-laminectomy for the removal of extra-and intramedullary tumours and AVMs. *Adv Tech Stand Neurosurg* 1991;18:113-32.
 43. Yasuoka S, Peterson HA, Laws ER Jr, MacCarty CS. Pathogenesis and prophylaxis of post laminectomy deformity of the spine after multiple level laminectomy: Difference between children and adults. *Neurosurgery* 1981;9:145-52.
 44. Yeo DK, Im SB, Park KW, Shin DS, Kim BT, Shin WH, *et al.* Profiles of spinal cord tumors removed through a unilateral hemilaminectomy. *J Korean Neurosurg Soc* 2011;50:195-200.
 45. Yu EG, Fomichev VG. Surgical treatment of intradural extramedullary spinal tumors. *Neirokhir* 2004;10:3-7.
 46. Zong S, Zeng G, Du L, Fang Y, Gao T, Zhao J. Treatment results in the different surgery of intradural extramedullary tumor of 122 cases. *PLoS One* 2014;9:e111495.

How to cite this article: Landriel F, Hem S, Vecchi E, Yampolsky C. Abordaje mínimamente invasivo para el tratamiento de tumores espinales intradurales extramedulares: Nota Técnica. *Surg Neurol Int* 2021;12:S1-S 8.