

# ARTRODESIS CIRCUNFERENCIAL MINIMAMENTE INVASIVA DEL CUARTO NIVEL LUMBAR PARA TRATAMIENTO DE ESPONDILOLISTESIS

## ARTRODESE CIRCUNFERENCIAL MINIMAMENTE INVASIVA DE 4º NÍVEL LOMBAR PARA TRATAMIENTO DE ESPONDILOLISTESE

### MINIMALLY INVASIVE CIRCUMFERENTIAL ARTHRODESIS OF THE FOURTH LUMBAR LEVEL FOR SPONDYLOLISTHESIS TREATMENT

JOSE ENRIQUE SALCEDO OVIEDO<sup>1</sup>, LUIS MUÑOZ LUNA<sup>1</sup>, MARCO ANTONIO MARBAN HEREDIA<sup>1</sup>, LUIS IVAN HERRERA ALCARAZ<sup>1</sup>, HUGO VILCHIS SÁMANO<sup>1</sup>, JUVENAL ORDAZ VEGA<sup>1</sup>, YADIRA BAHENA SALGADO<sup>1</sup>, MARIO ALONSO CIENEGA VALERIO<sup>1</sup>

1. Instituto Mexicano Del Seguro Social, Unidad Médica de Alta Especialidad Lomas Verdes, Servicio de Cirugía de Columna. Av Lomas Verdes, sn, Naucalpan de Juárez, Estado de México, CP 53125, Mexico.

#### RESUMEN

**Objetivo:** Conocer los resultados clínicos y radiográficos en pacientes con espondilolistesis degenerativa L4-L5 grado I, II y III operados con artrodesis 360 mínimamente invasivo. Determinar los resultados clínico y radiográficos de pacientes con espondilolistesis degenerativa L4-L5 grado I, II y III con la escala de Oswestry después de 6 meses de operados. Determinar el porcentaje de reducción postquirúrgico de pacientes con espondilolistesis degenerativa L4-L5 grado I, II y III operados con artrodesis 360 mínimamente invasivo. **Métodos:** El presente estudio se desarrolló en la Unidad Médica de Alta Especialidad Lomas Verdes, módulo de Cirugía de Columna en el periodo de Octubre de 2016 a Agosto del 2017. Es un estudio prospectivo, observacional transversal y comparativo. Evaluamos la reducción de la listesis mediante estudios radiográficos pre y posoperatorios, así como la escala de discapacidad Oswestry. **Resultados:** La muestra fue de 12 pacientes, ocho del sexo femenino y cuatro del masculino, mostrando una significancia estadística mediante la prueba T de Student con una  $p=0,05$  para ambas variables. **Conclusiones:** La espondilolistesis degenerativa en el cuarto nivel lumbar es una entidad patológica muy frecuente, que afecta grupos en edad productiva y representa una carga no solo para el paciente, sino también para la sociedad. Esta técnica quirúrgica mostró un alto nivel de seguridad y confianza para su resolución, mostrando resultados equiparables a la literatura. Sin embargo, requiere ciertos recursos técnicos y nivel de adiestramiento para su ejecución. **Nivel de Evidencia II; Estudio prospectivo comparativo.**

**Descriptores:** Columna vertebral; Cirugía; Procedimientos quirúrgicos mínimamente invasivos; Resultado del tratamiento; Estudios prospectivos.

#### RESUMO

**Objetivo:** Conhecer os resultados clínicos e radiográficos de pacientes com espondilolistese degenerativa L4-L5 de grau I, II e III, tratados cirurgicamente com artrodesse minimamente invasiva de 360 graus. Determinar os resultados clínicos e radiográficos segundo o Índice de Oswestry seis meses após a cirurgia e a porcentagem de redução pós-operatória nesses pacientes. **Métodos:** Este estudo se desenvolve na Unidade Médica de Alta Especialidade "Lomas Verdes", Cirurgia de coluna, no período de outubro 2016 a agosto de 2017. É um estudo transversal prospectivo, observacional seccional. Avaliamos a lista de redução através de estudos radiográficos pré e pós-operatórios e escala de incapacidade Oswestry. **Resultados:** Observamos 12 pacientes, oito homens e quatro mulheres, mostrando significancia estatística pelo teste t de Student com  $p = 0,05$ , para ambas as variáveis. **Conclusão:** Espodilolistesis degenerativa de 4º nível lombar são muito frequentes, afetam grupos etários produtivos e afetam tanto o paciente quanto o seu ambiente social. Esta técnica cirúrgica mostra um alto nível de segurança e confiança para solução, mostrando resultados comparáveis com a literatura. No entanto, ele requer recursos técnicos e nível de formação para a sua execução. **Nível de Evidência II; Estudo prospectivo comparativo.**

**Descritores:** Coluna vertebral; Cirurgia; Procedimentos cirúrgicos minimamente invasivos; Resultado do tratamento; Estudos prospectivos.

#### ABSTRACT

**Objective:** To know the clinical and radiographic results of patients with L4-L5 degenerative spondylolisthesis grade I, II, and III surgically treated with minimally invasive 360-degree arthrodesis. To determine the clinical and radiographic results according to the Oswestry Index 6 months after surgery and the percentage of postsurgical reduction in these patients. **Methods:** The present study was developed in the Department of Spinal Surgery of the Unidad Médica de Alta Especialidad Lomas Verdes, from October 2016 to August 2017. It is a prospective, cross-sectional, comparative observational study. We evaluated the reduction of the listhesis using pre and post-operative radiographs, as well as the Oswestry Disability Index. **Results:** The sample was composed of 12 patients, eight females and four males, showing a statistical significance in the Student's t test, with  $p=0.05$  for both variables. **Conclusions:** Degenerative

*spondylolisthesis of the 4th lumbar level is a very frequent pathology that affects groups of productive age and represents a burden not only for the patient, but also for the community. This surgical technique showed a high level of security and confidence for its resolution, showing results comparable to the literature. However, it requires certain technical resources and training to be performed.*

**Level Evidence II; Prospective comparative study.**

**Keywords:** Spine; Surgery; Minimally invasive surgical procedures; Treatment outcome; Prospective studies.

## INTRODUCCIÓN

El término espondilolistesis degenerativa fue acuñado por Newman y Stonel, para describir el deslizamiento vertebral anterior ocasionado por cambios degenerativos en las facetas articulares con el arco neural intacto.

La incidencia de la espondilolistesis degenerativa se observa predominantemente en personas mayores de 40 años, con una edad promedio de 61 años, con un predominio de 4:1 del sexo femenino, teniendo una prevalencia de 7.5% en hombres y 28% en mujeres, respectivamente en pacientes con lumbalgia mayores a 50 años.<sup>1,2</sup>

La etiopatogenia de la espondilolistesis degenerativa es múltiple.

El segmento que con mayor frecuencia se ve afectado es L4-L5 (en 85% de los casos) seguido de L3-L4 y muy raramente L5-S1.

La conjunción de dos sistemas, uno activo (músculos y tendones), y uno pasivo (vertebras, disco, ligamentos y capsulas articulares), le permiten a la columna ser una estructura muy estable, pero cualquier cambio en alguno de estos dos sistemas conduce a una compensación por parte del otro.

La anterolistesis ocurre cuando las articulaciones posteriores están más degeneradas que el disco, condicionando finalmente una estenosis central y lateral del conducto lumbar.

También se refiere la horizontalización marcada de las láminas y de las facetas articulares en los pacientes con espondilolistesis degenerativa.<sup>3</sup> Esta degeneración provoca la subluxación de las facetas articulares permitiendo el desplazamiento del cuerpo vertebral, disminución de los agujeros de conjunción y del agujero vertebral dando origen a compresión radicular que se manifiesta por un dolor lumbociático que se acentúa con los movimientos de extensión y que disminuye al sentarse incluso desaparece al acostarse, este padecimiento es más frecuente en los cuerpos vertebrales L4- L5 es de inicio lento y progresivo, rara vez es grave y está presente durante muchos años, incluso con cuerpos prolongados sin sintomatología.<sup>1,3</sup>

La mayoría de los pacientes con espondilolistesis degenerativa son asintomáticos (alrededor del 85%).<sup>4</sup> Los síntomas ocurren debido a su asociación con la estenosis espinal lumbar que resulta en la compresión de la raíz nerviosa.<sup>4,5</sup> El dolor lumbar es la queja más frecuente, que se puede presentar con o sin dolor en piernas. Puede presentarse una ciática típica con evidencia de alteraciones en la conducción de la raíz nerviosa, principalmente de L5 con o sin dolor de espalda. Se ha visto que el grado de compresión y la progresión del deslizamiento no se corresponden con la clínica del paciente. Otros síntomas son claudicación intermitente, déficits sensitivos en el dermatomo L5 unilateral, y afección de las caderas.

El diagnóstico de la espondilolistesis degenerativa es evidentemente radiológico. Este debe incluir radiografías en proyecciones anteroposterior, lateral (la cual debe ser tomada en bipedestación), oblicuas y dinámicas en flexión y extensión.

White y Panjabi desarrollaron un método de medir en el plano sagital la traslación o el desplazamiento. Si la traslación es igual o mayor 4.5, o mayor al 15% del diámetro sagital de la vértebra adyacente, se considera anormal.

1931, Henry W. Meyerding describió la subluxación lumbar en porcentaje, asignándole a cada una diferentes grados. El Grado I presenta una traslación de hasta 25%, el grado II entre 25% y 50%, el grado III entre 50% y 75%, el grado IV entre 75% y 100% y el grado V mayor del 100% (también llamada espondiloptosis). Se habla de espondilolistesis de alto grado cuando su grado de desplazamiento es mayor o igual a un grado III de esta clasificación.

La resonancia magnética es ideal para severidad del canal espinal y el estrechamiento foraminal.<sup>3,5</sup>

Fitzgerald y Newman, recomendaron la fusión espinal en dos circunstancias: primero, en pacientes jóvenes con claros síntomas y signos de inestabilidad y con cambios degenerativos limitados a un solo nivel; y, segundo, en aquellos casos que después de la descompresión realizada en pacientes jóvenes, resultaba con insuficiencia facetaria.

Una diferencia entre los ángulos de flexión – extensión, mayor a 11 grados como dato de inestabilidad segmentaria.

La fusión intersomática lumbar instrumentada es un procedimiento común usado para tratar varias patologías de la columna vertebral en la región lumbar, incluida espondilolistesis. El objetivo de la fusión es lograr una fusión estable de los segmentos espinales con buena altura y alineación.<sup>6,7</sup> La fusión instrumentada se considera como el método quirúrgico para el tratamiento de espondilolistesis con desplazamiento tipo IV.<sup>8</sup>

Los abordajes quirúrgicos para la fusión incluyen, Posterior Lumbar Interbody Fusion (PLIF), Transforaminal Lumbar Interbody Fusion (TLIF), t. TLIF reduce en cierta medida el traumatismo a la musculatura lumbar, las facetas articulares y láminas comparado al PLIF por lo que ha aumentado en popularidad relativo. PLIF, se ha asociado de moderado a altas tasas de complicaciones perioperatorias. Transforaminal lumbar interbody fusión (TLIF) evita los riesgos de lesiones retroperitoneales y estructuras peritoneales que están asociadas con técnicas de Fusión Intersomática Lumbar Anterior (ALIF). Comparando TLIF vs PLIF, el TLIF es el procedimiento que permite el acceso al espacio del disco a través de una eliminación de la faceta. Esto permite una menor movilización del saco tecal y menor riesgo de lesiones nerviosas.<sup>6,8</sup>

La fusión lumbar se puede realizar a través de abierta o mínima invasiva (MIS). Open TLIF se ha demostrado seguro para lograr la fusión espinal y restaurar tanto la altura del disco como la alineación espinal en pacientes con espondilolistesis sintomática y disco degenerativo.

Los inconvenientes de Open TLIF es la extensa disección de tejidos blandos que es necesaria para la inserción de los tornillos pediculares, logrando una lesión iatrogénica significativa. La lesión de los tejidos durante el abordaje quirúrgico puede resultar en un aumento de dolor postoperatorio, tiempo de recuperación, retraso en la rehabilitación y deterioro de la función espinal.<sup>2,6,8</sup>

TLIF Mínima Invasiva (MIS TLIF) ha sido comparable con TLIF abierta con respecto a los resultados clínicos y las tasas de fusión, y beneficios adicionales de la reducción del dolor postoperatorio y pérdida de sangre, rehabilitación más temprana y hospitalización. Las indicaciones de MIS TLIF generalmente son las mismas que el procedimiento abierto.<sup>13</sup> Sin embargo MIS TLIF es un desafío técnico, requiere trabajar en una zona menor para lograr la descompresión y fusión intersomática. Esta técnica, requiere una curva de aprendizaje, por lo que se ha asociado a un tiempo de cirugía mayor, pero puede ser superada con dedicación, repetición y experiencia.

Otra ventaja de MIS TLIF fue una reducción aproximada de 2 veces y media en la pérdida de sangre intraoperatorio comparado con el TLIF abierto.<sup>9-12</sup> La tasa de complicaciones para el Open TLIF es 13.8% comparado con el de MIS TLIF que es de 6.9% aunque estas eran complicaciones menores.<sup>9,12</sup>

Ambos MIS TLIF y Open TLIF muestran una mejora significativa en los resultados clínicos a los seis meses y dos años en comparación con la clínica preoperatoria.<sup>14</sup> Todas las series, muestran tasas de fusión muy por encima del 90% sin diferencias significativas entre las dos técnicas aplicadas a los seis meses.<sup>15</sup>

Los costos directos e indirectos asociados a la intervención quirúrgica pueden disminuir directamente. Si bien MIS TLIF requiere instrumentación especializada adicional para lograr una interrupción mínima del tejido, el costo financiero puede compensarse con los beneficios de la cirugía mínima invasiva. Una duración hospitalaria más corta, ya que se quedan dos veces más tiempo en el hospital, y tres veces más tiempo para empezar a caminar. La reducción del riesgo de infección nosocomial, tiempo de rehabilitación y el dolor postoperatorio también traduce en un costo reducido al igual que el medicamento analgésico a utilizar.<sup>16</sup>

Es de nuestro interés conocer la efectividad del tratamiento quirúrgico de la espondilolistesis circunferencial mediante técnicas mínima invasiva en pacientes bien estudiados que presenten esta patología, para conocer los resultados clínicos y el porcentaje de reducción de la listesis mediante una reducción indirecta del conducto espinal afectado en la Unidad Médica de Alta Especialidad Lomas Verdes.

Es nula la experiencia en el hospital al momento actual para tratar esta patología con esta técnica quirúrgica. para así mejorar las condiciones de vida de vida mediante la escala de Oswestry y las mediciones radiográficas, logrando una mejor calidad de vida de estos pacientes.

Objetivo: Conocer los resultados clínicos y radiográficos en pacientes con espondilolistesis degenerativa L4-L5 grado I, II y III operados con artrodesis 360 mínimamente invasivo.

Determinar los resultados clínico y radiográficos de pacientes con espondilolistesis degenerativa L4-L5 grado I, II y III con la escala de Oswestry después de seis meses de operados. Determinar el porcentaje de reducción postquirúrgico de pacientes con espondilolistesis degenerativa L4-L5 grado I, II y III operados con artrodesis 360 mínimamente invasivo.

## MÉTODOS

La investigación se llevó a cabo en el centro de referencia de tercer nivel, Unidad Médica de Alta Especialidad "Hospital de Traumatología y Ortopedia Lomas Verdes, servicio de cirugía de columna, del Instituto Mexicano del Seguro Social.

Aprobado por el comité de ética local y con firma de consentimiento libre y aclarado por los participantes de la investigación.

El presente estudio se realizó de Octubre 2016 a Agosto del 2017 con recolección de datos de Agosto del 2017, es de tipo Observacional, prospectivo, transversal, comparativo.

Pacientes con diagnóstico de espondilolistesis lumbar degenerativa de L4-L5 Grado I, II y III. Realizando tratamiento quirúrgico artrodesis 360 mínima invasivo un solo nivel l4-l5 (PLIF), mediante instrumentación transpedicular (sextant) y caja intersomática (typal) mínima invasivo. Se realizó la valoración clínico-funcional usando la escala de incapacidad de Oswestry preoperatorio y a los seis meses postquirúrgicos.

Se realizó valoración pre y postquirúrgica de los estudios radiográficos para evaluar la reducción obtenida. Se realizó el análisis estadístico descriptivo mediante medidas de tendencia central, distribución de las variables así como a T de *student*.

## RESULTADOS

La muestra fue de 12 pacientes, se desarrollo entre octubre 2016 y agosto de 2017, de estos 8 (66.6%) con espondilolistesis grado II, 4 (33.4%) grado III, se les realizó instrumentación transpedicular mínima invasiva (sextant) L4-L5, osteotomía de la pars interarticular de L4, discectomía, reducción del desplazamiento, de forma manual e instrumental, se fijo la misma con dos barras circulares, colocación de injerto óseo autólogo intersomático entre L4-L5 y colocación de caja intersomática (typal).

La edad se evaluó una mínima de 40 años y máxima 68 años con una media 58 años con una desviación estándar de 5.9, el sexo son; masculino cinco pacientes (41,66%), femenino sete pacientes (58.33%), (Figura 1, Tabla 1). Utilizamos el sistema Webservex de la institución (IMSS) para analizar los estudios radiológicos pre y postquirúrgicos el diagnostico mas identificado previo a la cirugía

fue espondilolistesis lumbar degenerativa grado II ocho pacientes (66.6%) y grado III cuatro pacientes (33.4%), la reducción evaluada radiológicamente, después de la cirugía fue 11 pacientes (91.6%) completa sin signos de desplazamiento vertebral, uno pacientes (8.4%) con reducción a grado I o menor del 25% de desplazamiento, con diferencia de medias entre las dos evaluaciones, con una (p menor 0.05), (Figura 2. Tabla 2). La valoración con la escala de discapacidad de Oswestry, se realizo comparación entre el estado clínico pre y postquirúrgico donde las puntuaciones previas con una mínima de 25 puntos y una máxima de 90 puntos entre los 12 pacientes, encontramos que los pacientes mejoraron en promedio 51 puntos de la escala, obteniendo 11 pacientes un grado de discapacidad moderada y uno paciente con discapacidad grave. (Figura 3, Tabla 3).

En base a los datos obtenidos y utilizando la prueba estadística de T de Student se obtiene un nivel de significancia de p=0.05, por lo que la hipótesis Ho es aceptada, resultado de la mejoría clínica en el postoperatorio a los seis meses.

## DISCUSIÓN

En referencia al objetivo de este estudio de conocer el resultado clínico funcional en pacientes con espondilolistesis lumbar degenerativa grado I, II y III operados con PLIF y fijados con tornillos

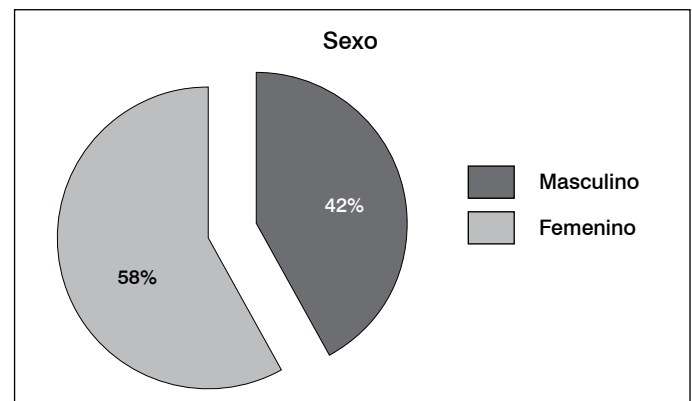


Figura 1. Característica de los pacientes.

Tabla 1. Características de los pacientes.

Sexo	Número de pacientes	Porcentaje
Masculino	5 pacientes	42%
Femenino	7 pacientes	58%

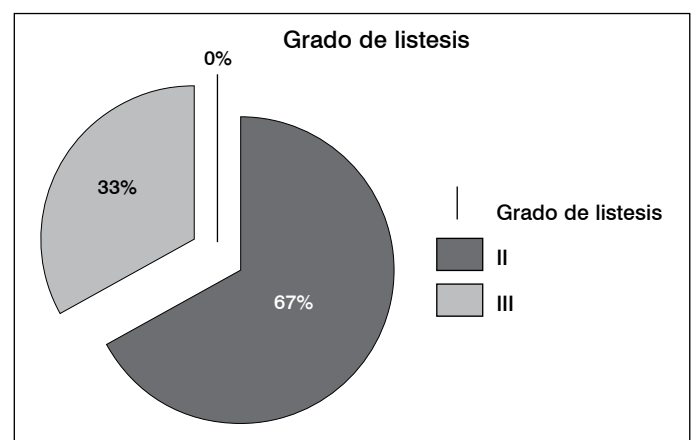


Figura 2. Grado de listesis en el preoperatorio

Tabla 2. Grado de listesis em el preoperatorio.

Grado de listesis	Preoperatorio	
II	8 pacientes	67%
III	5 pacientes	33%

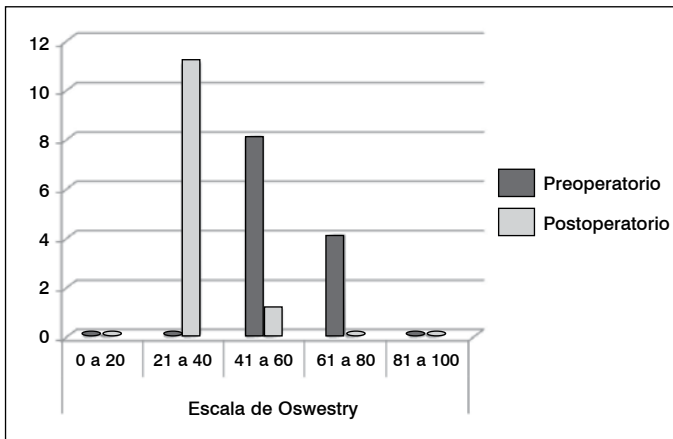


Figura 3. Escala de Oswestry preoperatorio y postoperatorio.

Tabla 3. Escala de Oswestry preoperatorio y postoperatorio.

Escala Oswestry	0 a 20	21 a 40	41 a 60	61 a 80	81 a 100
Preoperatorio	0	0	0	8	4
Postoperatorio	0	11	1	0	0

transpediculares, evaluado con escala de discapacidad funcional de Oswestry evidenciamos que los pacientes presentaron resultados favorables con moderado grado de incapacidad.

Se pudo determinar que el sexo femenino predomina en este estudio considerando que la literatura internacional existe predominio del femenino sobre el masculino, la edad promedio son las comprendidas entre 45 a 80 años, al tratarse de patología degenerativa que se presenta entre estas décadas, el promedio de edad más afectado es entre los 51 a 70 años.

Otro de los objetivos de este estudio fue determinar la reducción conseguida posterior a la intervención quirúrgica del deslizamiento vertebral degenerativo, el mismo que se pudo evaluar con los

exámenes radiológicos antes y después de la cirugía pudiendo estimar el grado de reducción conseguida en la mayoría de los pacientes hasta una reducción completa en la mayoría de los pacientes, además de determinar la formación de puentes óseos intersomático y la presencia de un adecuado espacio intervertebral sin pérdida de altura entre L4- L5.

## CONCLUSIÓN

Podemos decir que el tratamiento de la espondilolistesis lumbar degenerativa por medio de fusión lumbar posterior con caja intersomática (PLIF) e instrumentación transpedicular mínima invasiva es muy seguro y eficaz ya que acarrea buenos resultados postquirúrgicos en cuanto mejoría clínica y radiológica.

Este estudio da la pauta para un mayor seguimiento de los pacientes, para evaluar la biomecánica del implante, poder determinar presencia de pseudoartrosis, deformidades vertebrales y presencia de segmento adyacente.

Así como evaluar a largo plazo resultados clínicos y funcionales usando la misma escala de Oswestry o agregando escalas de calidad de vida que deben ser evaluadas de forma precisa hasta los dos años.

Los resultados mostraron significancia estadística, lo que nos hace concluir que la cirugía mínima invasiva para pacientes con espondilolistesis degenerativa del L4-L5 grado I, II y III es una muy buena alternativa, sin embargo el incorporar una nueva técnica quirúrgica requiere una curva de aprendizaje y un adiestramiento que como procedimiento se requiere, para así obtener la experiencia.

Consideramos que la cirugía mínima invasiva es el futuro en la atención de la patología columna espinal degenerativa en el mediano plazo dado la buena evolución postquirúrgica, el menor daño a los tejidos del paciente y probablemente en el largo plazo el menor costo en la atención de dichos pacientes

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

**CONTRIBUTION OF THE AUTHORS:** Cada autor participo activamente y significativamente en la elaboración del presente trabajo: JESO (0000-00018009-2432)\* y LML (0000-0003-2363-5589)\* fueron los responsables de la elaboración de la cirugía y la captación de pacientes así como las conclusiones del trabajo final. MAMH (0000-0002-0718-5445)\* y LIHA (0000-0003-3963-9875)\* captación de datos de la información, y recopilación de la bibliografía así como elaboración de la introducción. HVS (0000-0002-8059-3701)\* y JOV (0000-0002-9686-9135)\* recolección de resultados y análisis de los mismos. YBS (0000-0003-3777-4387)\* y MACV (0000-0001-7301-1681)\* análisis estadístico pruebas estadísticas, análisis radiográfico de resultados. \*ORCID (Open Researcher and Contributor ID).

## REFERENCIAS

- Fitzgerald JA, Newman PH. Degenerative spondylolisthesis. *J Bone Joint Surg Br.* 1976;58(2):184-92.
- Lagarda-Cuevas J, Chdvez-Maqueda MF, Ladewig-Bemidez GI. Singler-segment degenerative lumbar spondylolisthesis treated with an interspinous spacer. *Acta Ortop Mex.* 2014; 28(2):88-94.
- Kalichman L, Hodges P, Li L, Guermazi A, Hunter DJ. Changes in paraspinal muscles and their association with lowback pain and spinal degeneration: CT study. *Eur Spine J.* 2010;19(7):1136-44.
- Hu SS, Tribus CB, Diab M, Ghanayem AJ. Spondylolisthesis and Spondylolysis. *J Bone Joint Surg Am.* 2008;90(3):656-71.
- Schöller K, Alimi M, Cong GT, Christos P, Härtl R. Lumbar Spinal Stenosis Associated With Degenerative Lumbar Spondylolisthesis: Systematic Review and Metaanalysis of Secondary Fusion Rates Following Open vs Minimally Invasive Decompression. *Neurosurgery.* 2017;80(3):355-67.
- Mochida J, Suzuki K, Chiba M. How to stabilize a single level lesion of degenerative lumbar spondylolisthesis. *Clin Orthop Relat Res.* 1999;368:126-34.
- Bin Abd Razak HR, Dhoke P, Tay KS, Yeo W, Yue WM. Single-Level Minimally Invasive Transforaminal Lumbar Interbody Fusion Provides Sustained Improvements in Clinical and Radiological Outcomes up to 5 Years Postoperatively in Patients with Neurogenic Symptoms Secondary to Spondylolisthesis. *Asian Spine J.* 2017;11(2):204-12.
- Lee KH, Yue WM, Yeo W, Soeharno H, Tan SB. Clinical and radiological outcomes of open versus minimally invasive transforaminal lumbar interbody fusion. *Eur Spine J.* 2012;21:2265-70.
- Mobbs RJ, Phan K, Malham G, Seex K, Rao PJ. Lumbar interbody fusion: techniques, indications and comparison of interbody fusion options including PLIF, TLIF, MI-TLIF, OLIF/ATP, LLIF and ALIF. *J Spine Surg.* 2015;1(1):2-18.
- Peng CW, Yue WM, Poh SY, Yeo W, Tan SB. Clinical and Radiological Outcomes of Minimally Invasive Versus Open Transforaminal Lumbar Interbody Fusion. *Spine (Phila Pa 1976).* 2009;34(13):1385-9.
- Wu MH, Dubej NK, Li YY, Lee CY, Cheng CC, Shi CS et al. Comparison of minimally invasive spine surgery using intraoperative computed tomography integrated navigation, fluoroscopy, and conventional open surgery for lumbar spondylolisthesis: a prospective registry-based cohort study. *Spine J.* 2017;17(8):1082-90.
- Vazan M, Gempt J, Meyer B, Buchmann N, Ryang YM. Minimally invasive transforaminal lumbar interbody fusion versus open transforaminal lumbar interbody fusion: a technical description and review of the literature. *Acta Neurochirurgica.* 2017;159(6):1137-46.
- Phan K, Rao PJ, Kam AC, Mobbs RJ. Minimally invasive versus open transforaminal lumbar interbody fusion for treatment of degenerative lumbar disease: systematic review and meta-analysis. *Eur Spine J.* 2015;24(5):1017-30.
- Hu W, Tang J, Wu X, Zhang L, Ke B. Minimally invasive versus open transforaminal lumbar fusion: a systematic review of complications. *Int Orthop.* 2016;40(9):1883-90.
- Assaker R, Zairi F, Allaoui M. Minimally Invasive Transforaminal Lumbar Interbody Fusion (TLIF): Indications and Techniques. In: Pinheiro-Franco J, Vaccaro A, Benzel E, Mayer H (eds). *Advanced Concepts in Lumbar Degenerative Disk Disease.* Berlin: Springer; 2016. p. 503-512.
- Adogwa O, Parker SL, Bydon A, Cheng J, McGirt MJ. Comparative effectiveness of minimally invasive versus open transforaminal lumbar interbody fusion: 2-year assessment of narcotic use, return to work, disability, and quality of life. *J Spinal Disord Tech.* 2011;24(8):479-84.