

## Artículo original

## Espondilolistesis lumbar degenerativa de un solo segmento tratada con espaciador interespinoso

Félix-Garza R,\* Lagarda-Cuevas J,\*\* Chávez-Maqueda MF,\* Ladewig-Bernáldez GI\*\*\*

Hospital Central Sur de Alta Especialidad PEMEX

**RESUMEN.** *Antecedentes:* El término de espondilolistesis degenerativa acuñado por Newman en 1963, es el deslizamiento hacia adelante de una vértebra inmediatamente inferior sin lisis istmica. Se observa predominantemente en personas mayores de 40 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. *Material y métodos:* Evaluar a un año el resultado del uso de espaciadores dinámicos en listesis grado 1 de Meyerding utilizando la escala de incapacidad de Oswestry. Se revisa el historial electrónico y radiográfico de los pacientes según los criterios en el período de Enero 2008 a Diciembre 2010 con el propósito de realizar un estudio de cohortes, retrospectivo, longitudinal y observacional. *Resultados:* El Oswestry prequirúrgico fue de 3.4% leve, 55.2% moderado y 41.4% severo; mientras que el postquirúrgico fue de 79.3% leve y 20.7% moderado. La cirugía más comúnmente realizada fue exploración y liberación con 72.4%, presentando discectomía únicamente en 27.6%. Los pacientes presentaron dolor irradiado a miembro pélvico derecho en 37.9%, miembro pélvico izquierdo en 44.8% y a ambos miembros pélvicos en 17.2%. Se presentó dolor postquirúrgico irradiado a miembro pélvico únicamente en 2.4%, siendo que en

**ABSTRACT.** *Background:* The term degenerative spondylolisthesis, coined by Newman in 1963, refers to the forward slippage of an immediately inferior vertebra without isthmus lysis. It occurs predominantly in individuals over 40 years of age and affects mainly women, with a female:male ratio of 4:1. Prevalence is 7.5% in males and 28% in females among patients over 50 years of age with low back pain. *Material and methods:* Assess the one-year results of the use of dynamic spacers for Meyerding grade 1 listhesis with the Oswestry disability scale. The patient's electronic and radiographic records from January 2008 to December 2010 were reviewed according to different criteria to conduct a retrospective, longitudinal and observational cohort study. *Results:* The preoperative Oswestry score was 3.4% mild, 55.2% moderate, and 42.4% severe; the postoperative score was 79.3% mild and 20.7% moderate. The most common surgical procedure was exploration and release in 72.4% of patients; only 27.6% underwent discectomy. Pain irradiating to the right pelvic limb occurred in 37.9% of patients, to the left pelvic limb in 44.8%, and to both pelvic limbs in 17.2%. Only 2.4% of patients experienced postoperative pain that irradiated to the pelvic limb, as 100% of cases had some type of irradiating pain. A DIAM spacer was used in 79.3% and a Wallis

### Nivel de evidencia: IV

www.medigraphic.org.mx

\* Traumatólogo y Ortopedista. Hospital Central Sur de Alta Especialidad PEMEX.

\*\* Anestesiólogo. American British Cowdray Medical Center. Hospital de Especialidades Centro Médico Nacional Siglo XXI.

\*\*\* Residente Traumatólogo y Ortopedista. Hospital Central Sur de Alta Especialidad PEMEX.

Dirección para correspondencia:

Dr. Rodrigo Félix Garza

Pedro Henríquez Ureña 444, Pabellón Lemans Edif. G2, Departamento 301. Col. Barrio del Niño Jesús, CP 04330, Delegación Coyoacán, México, D.F.

Tel: 59135519

E-mail: Dr.rodrigofelix@gmail.com

Este artículo puede ser consultado en versión completa en <http://www.medigraphic.com/actaortopedica>

**100% de los casos presentaron algún tipo de dolor irradiado. Se utilizó espaciador DIAM en 79.3% y Wallis en 20.7%. Conclusiones:** El tratamiento con espaciador interespinoso presenta un bajo índice de reintervención y, por lo menos a un año, presenta mejoría significativa en el índice de incapacidad.

**Palabras clave:** columna, espondilolistesis, dolor, fijación, evaluación.

**device in 20.7%. Conclusions:** Treatment with an interspinous spacer results in a low reoperation rate and, at least one year later, it resulted in a significant improvement in the disability rate.

**Key words:** spine, spondylolisthesis, pain, fixation, evaluation.

## Introducción

El término de espondilolistesis degenerativa fue acuñado por Newman<sup>1</sup> en 1963. Esta afección se define como el deslizamiento hacia adelante de una vértebra inmediatamente inferior sin lisis ístmica. Dicho fenómeno se observa predominantemente en personas mayores de 40 años y con un predominio de 4:1 del sexo femenino, teniendo una prevalencia de 7.5% en hombres y de 16.7 y 28% en mujeres nulíparas y multíparas, respectivamente, en pacientes con cuadro de lumbalgia.<sup>2</sup>

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. Se ha postulado que la fisiopatología es una combinación de degeneración facetaria y discal.

Los pacientes generalmente cursan con claudicación neurogénica así como, previo a la aparición de los síntomas en miembros pélvicos, con síntomas de estenosis espinal y dolor lumbar, siendo el tratamiento conservador el que puede disminuir de manera importante los síntomas, aunque la cirugía provee de alivio más rápido y duradero.<sup>3,4</sup>

Si bien, en casos de estenosis pura puede optarse por realizar únicamente descompresión limitada (laminoforaminotomía o descompresión interlaminar), se ha visto que la laminectomía y la fusión lumbar de manera conjunta presentan mejores resultados,<sup>5,6</sup> en especial a largo plazo. En pacientes con comorbilidades importantes así como osteoporosis, se prefiere únicamente la fusión sin fijación,<sup>7</sup> aun teniendo en cuenta que en estos parámetros el «estándar de oro» para el manejo de lumbalgia crónica es la fusión dorsal.

En 1931, Henry W. Meyerding describió la subluxación lumbar en porcentaje, asignándole a cada una diferentes grados. El sistema clasifica la severidad basándose en la proyección lateral de la columna lumbar y mide la distancia del borde posterior de la vértebra superior al borde posterior de la vértebra inferior. Así pues, la clasificación queda dividida en:

- Grado I: 0-25%.
- Grado II: 26-50%.
- Grado III: 51-75%.
- Grado IV: 76-100%.

Mayor a 100% se le denomina espondiloptosis.<sup>8,9</sup> La clasificación del grado de espondilolistesis de Meyerding sigue siendo la más ampliamente utilizada para valorar radiografías así como la TAC.<sup>10</sup> (Figura 1).

El dolor lumbar a menudo como causa del dolor implica una carga anormal más que un movimiento anómalo, generalmente encontramos que muchos pacientes se quejan de dolor relacionado con la postura como síntoma predominante. En un estudio *in vivo*, McNally et al.,<sup>11,12</sup> demostraron que más que los niveles absolutos de la carga lo que genera el dolor son los patrones de la carga. Este hecho se correlaciona de manera clínica al haber poca correspondencia entre los grados de degeneración y el dolor lumbar entre individuos.<sup>11,12</sup>

En las últimas dos décadas la justificación predominante para la fusión dorsal ha sido la inestabilidad.<sup>10,11,12</sup>

El término de inestabilidad hace referencia a un movimiento anormal bajo una carga fisiológica y aunque se ha tratado de relacionar con el dolor lumbar no se ha encontrado una relación clara hasta el momento.<sup>11,12</sup>

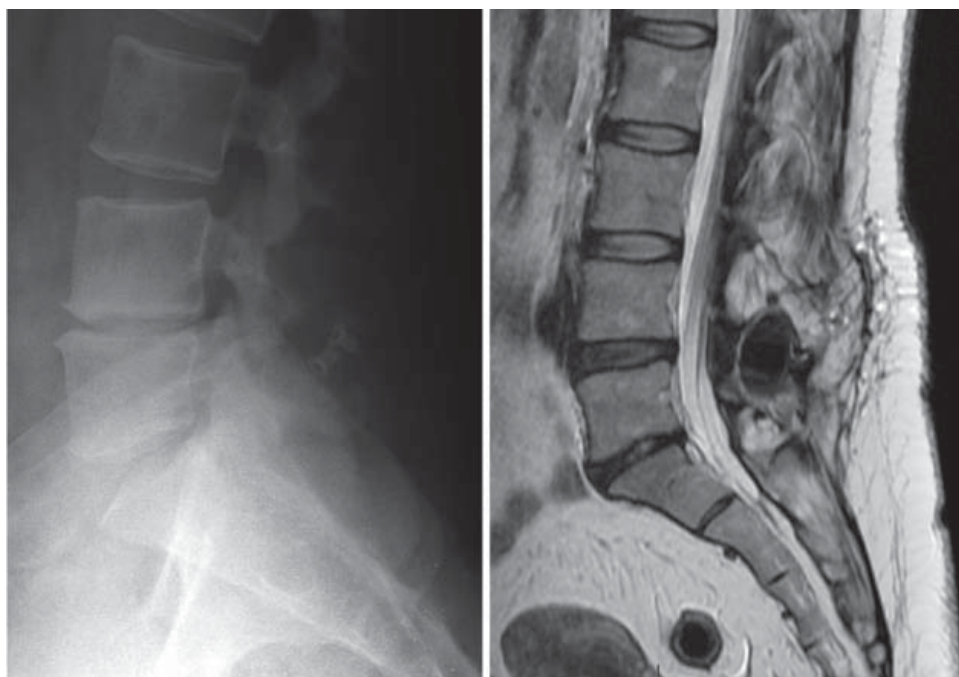
Debido a estos puntos antes mencionados, se ha planteado que la fusión podría no ser la mejor opción y que una estabilización dinámica sería más apropiada para aliviar el dolor, además se tienen que tomar en cuenta las complicaciones de la fusión dorsal como lo son los cambios osteoartrotícos facetarios,<sup>13</sup> las fracturas por fatiga, las fallas en la instrumentación, el síndrome del segmento adyacente y a la pérdida de la lordosis.<sup>14</sup>

La estabilización dinámica ha sido definida como: «un sistema que altera de manera favorable el movimiento y la transmisión de la carga de un segmento espinal móvil, sin la intención de fusionar el segmento».<sup>13,14</sup>

En general, los dispositivos interespinosos (Figura 2), flotan entre ambas espinosas y actúan como espaciadores entre ambos procesos espinosos; biomecánicamente, su presencia limita la extensión sin efecto en la flexión, rotación axial o en la flexión lateral.<sup>14,15</sup>

Los dispositivos dinámicos que se encuentran disponibles hasta el momento se colocan por vía posterior y por consideraciones anatómicas del proceso espinal de S1 no se recomienda su uso para el segmento L5-S1.<sup>16</sup>

Dentro de los espaciadores interespinosos existen, entre otros, los que son en forma de cuña de silicón en forma de

**Figura 1.**

Radiografía simple e imagen por resonancia magnética de listesis degenerativa grado I de Meyerding.

X cubierto de poliéster, dos cordones de seguridad están adheridos a la cuña. La colocación de dicho implante requiere de una incisión de 4 a 5 cm de longitud y puede realizarse con la preservación de los ligamentos supra e interespinosos o bien sin ellos.<sup>17</sup> Se ha sugerido además que es capaz de compartir la carga y controlar el movimiento, ya que parte de la carga es distribuida hacia el segmento posterior y compartida con el disco por el dispositivo, convirtiéndose en un sistema que soporta la carga.<sup>18</sup>

También existen implantes para la estabilización no rígida de un segmento lumbar de segunda generación. Este bloqueador interespinoso que se encuentra hecho de PEEK (polieteretercetona), constituye un sistema «flotante», esto se debe a que no tiene fijación permanente en el hueso vertebral. Para evitar riesgo de aflojamiento, ocasiona un aumento en la rigidez de los segmentos no estables.<sup>19,20,21</sup>

La espondilolistesis es un problema común que causa discapacidad física importante en pacientes en edad productiva, los métodos que por lo regular se implementan para el tratamiento de dicho problema requieren de la fusión dorsal, ya sea por medio de fijación transpedicular, fusión intersomática o artrodesis posterolateral.

El uso de separador interespinoso tipo DIAM permite una cirugía más simple sin necesidad de tanto daño a estructuras anatómicas que permite una rehabilitación más temprana y ausencia de dolor persistente.

La escala de incapacidad de Oswestry (ODI por sus siglas en inglés) fue desarrollada en 1980 por Fairbank JCT, Couper J, Davies JB y O'Brien JP para indicar hasta qué grado el nivel funcional de una persona se ve restringido por la incapacidad.<sup>22</sup> Desde su publicación, el ODI ha sido una herramienta mundialmente utilizada y continúa siendo

**Figura 2.** Reconstrucción tridimensional de espaciador interespinoso L4-L5.

válida como método pronóstico en los padecimientos de la columna.<sup>23</sup>

Si bien, se conocen por lo menos tres variantes de la escala de Oswestry, las tres versiones sólo difieren en un apartado: el apartado de actividad sexual es cambiado por trabajo/trabajo en casa o por cambio del grado de dolor. Megan

M realizó un análisis para determinar la validez de los tres cuestionarios, encontrando que, de preferencia, se deben utilizar cualquiera de los dos primeros.<sup>24,25,26,27,28,29</sup>

## Material y métodos

Es un estudio de cohortes, retrospectivo, longitudinal y observacional, se comprendieron a pacientes con espondilolistesis grado 1 de Meyerding, tratados con espaciador interespinoso y con seguimiento postquirúrgico a 12 meses. El éxito del tratamiento se estableció con base en la escala de incapacidad de Oswestry de manera cuantitativa, además de valorarse la presencia o ausencia de dolor irradiado hacia miembros pélvicos. Como método indirecto para valorar la recuperación del paciente se tomarán en cuenta el tiempo quirúrgico, los días de incapacidad y los días de estancia hospitalaria.

Los criterios de inclusión que se tomaron para este estudio fueron: espondilolistesis de un solo segmento, L4 y L5, que los pacientes no contaran con cirugías de columna previas, presencia de dolor lumbar con escala de Oswestry a partir de moderado, ausencia de patología de columna agregada como fracturas previas y tumores lumbares, uso de espaciador interespinoso como tratamiento para la espondilolistesis, haber realizado una escala de Oswestry prequirúrgica y a 12 meses de la cirugía, haber empleado tratamiento conservador de por lo menos 6 meses a base de AINEs y medidas higiénico-dietéticas generales.

Los criterios de exclusión que se emplearon fueron: la presencia de espondilolistesis de más de un segmento, que el paciente tuviera alguna cirugía previa de columna, la presencia de dolor lumbar con escala de Oswestry leve, una patología de columna lumbar agregada como fracturas y tumores, el uso de fijación transpedicular agregada en la cirugía, que el paciente no contara con la escala de Oswestry prequirúrgica y el hecho de no haber recibido tratamiento conservador previo un mínimo de 6 meses.

Los criterios de eliminación fue un seguimiento menor a 12 meses o que no contara con una evaluación mediante la escala de Oswestry.

El estudio se llevó a cabo en pacientes derechohabientes del Servicio Médico de PEMEX, tomado del expedien-

te electrónico SIAH, previa autorización por el Comité de Bioética del Hospital Central Sur de Alta Especialidad PEMEX. Para cada paciente incluido, se revisó el historial electrónico y radiográfico según los criterios de inclusión y eliminación en el período de Enero 2008 a Diciembre 2010, encontrando un total de 41 pacientes, de los cuales 29 pacientes cumplieron dichos criterios quienes fueron analizados estadísticamente.

La información de base evaluó: sexo, talla, peso, índice de masa corporal como valores demográficos a valorar. Los datos prequirúrgicos que se evaluaron fueron: la escala Oswestry prequirúrgica y dolor irradiado hacia el miembro pélvico. Los datos quirúrgicos que se evaluaron Oswestry postquirúrgico a un año, presencia o ausencia de dolor irradiado a miembro pélvico a un año, tipo de implante utilizado, días de estancia hospitalaria, días de incapacidad, tiempo quirúrgico y si el paciente fue reintervenido.

El seguimiento fue antes de la cirugía, durante su evento quirúrgico y evolución a un año. Durante el estudio no se contó con ningún tipo de fuente de financiamiento.

## Análisis estadístico

Se recolectó una muestra total de 41 pacientes de Enero de 2008 a Diciembre de 2009 en el expediente electrónico SIAH y se analizó la estadística con el paquete IBM SPSS Statistics 19.

El análisis estadístico se realizó, tomando de la información recabada, la frecuencia, medias y medianas, con el fin de conocer los rangos y las características demográficas de los pacientes. Posteriormente, se hizo el análisis descriptivo de cada una de las variables para encontrar su significancia como factores independientes a contrastar con el objetivo final del estudio. Después de esto, se realizó una regresión logística lineal para determinar varianzas y covarianzas que correlacionaran los factores demográficos con los factores quirúrgicos en la evolución postquirúrgica a 12 meses del paciente. Por último, se correlacionó a través de la prueba t de Student para comparar las medias y desviaciones estándar de los grupos de datos y comparar si entre estos parámetros las muestras son estadísticamente significativas o si sólo son datos aleatorios.

Tabla 1. Análisis de los datos demográficos.

	N	Mínimo	Máximo	Media	Desviación típica
Edad (años)	29	22	74	51.48	12.699
Sexo	29	0	1	0.45	0.506
Peso (kg)	29	60	100	80.55	11.49
Talla (cm)	29	1.5	1.84	1.6607	0.1069
IMC (kg/m <sup>2</sup> )	29	23.73	42.22	29.2003	3.39741
Tratamiento quirúrgico realizado	29	0	1	0.28	0.455
Tiempo quirúrgico (min)	29	60	240	131.9	39.56
Oswestry prequirúrgico	29	19	60	41.28	10.464
Oswestry postquirúrgico	29	8	50	22.1	10.775
Incapacidad	10	87	434	221.8	105.833



## Resultados

De los 41 pacientes que reunieron los criterios de inclusión, 9 (21%) fueron excluidos por no contar con Oswestry postquirúrgico. Dos pacientes (4%) fueron eliminados, ya que fueron reoperados antes de cumplir el año, el motivo de la reintervención fue por falla del implante.

**Tabla 2. Correlación de Oswestry con factores demográficos.**

ANOVA <sup>b</sup>			
Modelo <sup>a</sup>		Suma de cuadrados	gl
1	Regresión	2,058.475	7
	Residual	1,192.215	21
	Total	3,250.69	28

a. Variables predictoras: (constante), Oswestry prequirúrgico, edad, peso, tiempo quirúrgico, sexo, IMC, talla.  
b. Variable dependiente: Oswestry postquirúrgico.

En cuanto a frecuencias, se encontró que se tiene un porcentaje acumulado de 3.4% de reintervenciones del total de la muestra; el valor de Oswestry prequirúrgico fue de 3.4% leve, 55.2% moderado y 41.4% severo, mientras que el postquirúrgico fue de 79.3% leve y 20.7% fue moderado.

La cirugía más comúnmente realizada fue la exploración y liberación con 72.4%, de donde 27.6% presentó discectomía; en 37.9%, los pacientes presentaron dolor irradiado hacia el miembro pélvico derecho y en 44.8% en miembro pélvico izquierdo y 17.2% en ambos miembros pélvicos. Se presentó dolor postquirúrgico irradiado hacia el miembro pélvico únicamente en 2.4%, siendo que 100% de los casos presentaron algún tipo de dolor irradiado. Se utilizó espaciador tipo DIAM en 79.3% y Wallis en 20.7%

El análisis descriptivo (*Tabla 1*) mostró una edad media de  $51.48 \pm 12.66$  (N = 29), peso de  $80.55 \pm 11.49$  (N = 29) y talla de  $1.66 \pm 0.10$  (N = 29). La escala de Oswestry prequirúrgica fue de  $41.28 \pm 10.46$  (N = 29), correspondiente a una incapacidad severa; la escala de Oswestry postqui-

**Tabla 3. Relación estadística de Oswestry postquirúrgico contra datos demográficos, tiempo quirúrgico y Oswestry prequirúrgico.**

Coeficientes <sup>a</sup>				
Modelo		Coeficientes no estandarizados		Coeficientes tipificados
		B	Error típ.	Beta
1	(Constante)	272.199	225.925	
	Edad (años)	-0.241	0.139	-0.284
	Sexo	-7.3	5.274	-0.343
	Peso (kg)	1.388	1.483	1.48
	Talla (cm)	-175.452	142.586	-1.741
	IMC (kg/m <sup>2</sup> )	-3.169	3.757	-0.999
	Tiempo quirúrgico	0.054	0.039	0.197
	Oswestry prequirúrgico	0.741	0.153	0.72

a. Variable dependiente: Oswestry postquirúrgico.

**Tabla 4. Prueba t de Student. Comparación de variables para determinar su significancia estadística.**

Muestras relacionadas	N	Correlación	Significancia
Edad y Oswestry postquirúrgico	29	-0.017	0.932
Talla y Oswestry postquirúrgico	29	-0.276	0.147
IMC y Oswestry postquirúrgico	29	0.245	0.2
Espaciador y Oswestry postquirúrgico	29	0.132	0.496
Cirugía realizada y Oswestry postquirúrgico	29	0.198	0.303
Tiempo Quirúrgico y Oswestry postquirúrgico	29	0.072	0.709
Dolor prequirúrgico y Oswestry postquirúrgico	29	0.076	0.696
Dolor postoperatorio y Oswestry postquirúrgico	29	-0.498	0.006
Incapacidad y Oswestry postquirúrgico	10	-0.35	0.322
Estancia y Oswestry postquirúrgico	29	0.581	0.001
Reintervención y Oswestry postquirúrgico	29	-0.498	0.006
Oswestry prequirúrgico y Oswestry postquirúrgico	29	0.572	0.001
Oswestry prequirúrgico y edad	29	0.069	0.724
Oswestry prequirúrgico y sexo	29	0.185	0.337
Oswestry prequirúrgico y peso	29	-0.072	0.711
Oswestry prequirúrgico y IMC	29	0.261	0.171
Oswestry prequirúrgico y dolor prequirúrgico	29	-0.077	0.692

rúrgico fue  $22.1 \pm 10.77$  ( $N = 29$ ) correspondiente a una incapacidad moderada. La estancia ( $N = 29$ ) mínima fue de 4, la máxima de 10 y la media de 6.10 días.

En cuanto al modelo de regresión lineal (Tabla 2) se utilizó ANOVA para análisis de varianza, siendo las variables predictoras: Oswestry prequirúrgico, edad, peso, sexo, índice de masa corporal, talla y tiempo quirúrgico y como variable dependiente Oswestry postquirúrgico con una significancia de 0.002 para este tipo de modelo. Se evidenció que el Oswestry postquirúrgico es directamente proporcional únicamente en la edad ( $p = 0.098$ ) y al Oswestry prequirúrgico (0.0001).

Se correlacionó el Oswestry postquirúrgico contra todas las variables, para ello utilizamos la *t* de Student (Tabla 4), encontrando que sólo presentan significancia estadística el dolor prequirúrgico ( $p = 0.006$ ), Oswestry prequirúrgico ( $p = 0.0001$ ), estancia hospitalaria ( $p = 0.001$ ) y reintervención ( $p = 0.006$ ).

Se correlacionó el Oswestry prequirúrgico con los factores demográficos y el dolor prequirúrgico sin que se encontrara significancia estadística (Tabla 3).

## Discusión

El objetivo de este estudio fue determinar la evolución clínica de los pacientes a un año de su cirugía, para ello utilizamos la escala funcional de Oswestry. Dentro de los resultados estadísticos que mostró el estudio fue que la incapacidad funcional prequirúrgica con respecto a la postquirúrgica presentó mejoría.

De igual manera, dentro de los datos importantes que el estudio ofreció fue que la estancia hospitalaria, así como la edad, son las únicas otras dos variables estadísticamente significativas del estudio. Si bien podemos correlacionar directamente con la evolución postquirúrgica, es importante mencionar que en lo que respecta a la estancia hospitalaria total no puede evaluarse como un factor único y aislado, esto se debe a que los factores por los cuales un paciente debe permanecer hospitalizado, no dependen únicamente del acto quirúrgico o de las consecuencias del mismo por lo que tendría que ser estudiado con un mayor número de casos y correlacionando dichas variables de manera independiente.

Dentro de los parámetros importantes a determinar en la institución, uno de ellos fue determinar si este tratamiento tiene algún tipo de efecto sobre los días de incapacidad del trabajador. Se obtuvo una media de 221 días de incapacidad, si bien no se cuenta con un parámetro para comparar, como lo serían los días de incapacidad en trabajadores a los que se les realiza la fijación de L4-L5, se puede decir que se encuentra dentro de un parámetro aceptable para el tipo de patología, ya que la fusión lumbar puede tardar de 3 a 4 meses en reincorporarse a la vida laboral, también es importante mencionar que sólo 34% de los pacientes eran trabajadores activos, por lo que sería importante aumentar la muestra.

## Conclusiones

La evolución de la incapacidad funcional a un año de la cirugía no se vio afectada de manera directa por las variables dependientes. La evolución de la incapacidad funcional a un año se vio afectada de manera directa por la incapacidad previa a la cirugía, así como por los días de estancia hospitalaria, es decir, a mayor índice de incapacidad previo a la cirugía menor será el índice de incapacidad posterior a la misma, a más días de hospitalización mayor será el índice de incapacidad posterior a la cirugía.

El tratamiento con espaciador interespinoso presentó un bajo índice de reintervención y por lo menos a un año presenta mejoría significativa en el índice de incapacidad.

Debido a que la muestra arroja una edad relativamente joven (51 años) y que podemos asumir que dichos pacientes mantienen demandas funcionales altas, es importante que el estudio se siga por lo menos a 5 años para determinar vida media a 5 años del implante, así como si presentan incapacidad.

Se puede decir que el espaciador interespinoso es una opción relativamente segura y efectiva para el tratamiento de la espondilolistesis degenerativa grado 1 de acuerdo con la clasificación de Mayerding, aunque aún es necesario determinar su seguridad y eficacia evaluado contra un período de tiempo más prolongado.

## Bibliografía

1. Newman PH, Sonte KH: The etiology of spondylolisthesis. *J Bone Joint Surg Br.* 1963; 45: 39-59.
2. Sanderson PL, Fraser RD: The influence of pregnancy on the development of degenerative spondylolisthesis. *J Bone Joint Surg Br.* 1996; 78: 951-4.
3. Fredrickson BE, Baker D, et al: The natural history of spondylolisthesis and spondylolysis. *J Bone Joint Surg Am.* 1984; 66: 669-707.
4. Weinstein JN, Lurie JD, et al: Surgical versus nonsurgical treatment for lumbar degenerative spondylolisthesis. *N Engl J Med.* 2007; 356: 2257-70.
5. Fischgrudn JS, Macay M, et al: Degenerative lumbar spondylolisthesis with spinal stenosis: a prospective, randomized study comparing decompressive laminectomy and arthrodesis with and without spinal instrumentation. *Spine.* 1997; 22: 2807-12.
6. Herkowitz HN, Kurz: Degenerative lumbar spondylolisthesis with spinal stenosis. A prospective study comparing decompression with decompression and intertransverse process arthrodesis. *J Bone Joint Surg Am.* 1991; 73: 802-8.
7. Hu SS, Tribus CB, Diab M, Ghanayem AJ: Spondylolisthesis and spondylolysis. *J Bone Joint Surg Am.* 2008; 90: 656-71.
8. Zigler J, Delamarter R, et al: Results of the prospective randomized, multicenter Food and Drug Administration investigational device exemption study of the ProDisc-L total disc replacement versus circumferential fusion for the treatment of 1-level degenerative disc disease. *Spine.* 2007; 32: 1155-62.
9. Kondrashov DG, Hannibal M, et al: Interspinous process decompression with the X-STOP device for lumbar spinal stenosis: a 4-year follow-up study. *J Spinal Discord Tech.* 2006; 19: 323-7.
10. Nockels RP: Dynamic stabilization in the surgical management of painful lumbar spinal disorders. *Spine.* 2005; 15: S68-S72.
11. Mulholland RC, Sengupta DK: Rationale, principles and experimental evaluation of the concept of soft stabilization. *Eur Spine J.* 2002; 11: S198-S205.
12. McNally DS, Shackelford IM, Goodship AE, et al: *In vivo* stress measurement can predict pain in discography. *Spine.* 1996; 21: 2580; 16: 1-11.

13. Sengupta DK: Dynamic stabilization devices in treatment of low back pain. *Orthop Clin North Am.* 2004; 35: 43-56.
14. Lindsey DP, Swanson KE, Fuchs P, et al: The effects of an interspinous implant on the kinematics of the instrumented and adjacent levels in the lumbar spine. *Spine.* 2003; 28: 2192-7.
15. Minns RJ, Walsh WK: Preliminary design and experimental studies of a novel soft implant for correcting sagittal plane instability in the lumbar spine. *Spine.* 1997; 22: 1819-25.
16. Christie SD, Song JK, Fessler RG: Dynamic interspinous process technology. *Spine.* 2005; 30: S72-S8.
17. Taylor J, Pupin P, Delajoux S, et al: Device for intervertebral assisted motion: technique and initial results. *Neurosurg Focus.* 2007; 22(1): E6.
18. Bellini CM, Galbusera F, Raimondi MT, et al: Biomechanics of the lumbar spine after dynamic stabilization. *J Spinal Disord Tech.* 2007; 20: 423-9.
19. Rohlmann A, Burrea NK, Zander T, et al: Comparison of the effects of bilateral posterior dynamic and rigid fixation devices on the loads in the lumbar spine: a finite element analysis. *Eur Spine J.* 2007; 16: 1223-31.
20. Ahn YH, Chen WM, Lee KY, Park KW, Lee SJ: Comparison of the load-sharing characteristics between pedicle-based dynamic and rigid rod devices. *Biomed Mater.* 2008; 3(4): 044101.
21. Senegas J, Bernard P: Mechanical supplementation by dynamic fixation in degenerative intervertebral lumbar segments: The Wallis System. *Journal of Bone & Eur Spine J.* 2002; 11(Suppl 2): S164-S9.
22. Fairbank JC, Pynsent PB: The Oswestry Disability Index. *Spine.* 2000; 25(22): 2940-52.
23. Fairbank JCT, Couper J, Davies JB: The Oswestry low back pain questionnaire. *Physiotherapy.* 1980; 66: 271-3.
24. Meyerding HW: Spondylolisthesis. *Surg Gynecol Obstet.* 1932; 54: 371-7.
25. Meyerding HW: Spondylolisthesis. *J Bone Joint Surg.* 1931; 13: 39-48.
26. Toshinori S, Koichi S: Incidence of lumbar spondylolysis in the general population in Japan based on multidetector computed tomography scans from two thousand subjects. *Spine.* 2009; 34: 2346-50.
27. Fairbank JCT, Couper J, Davies JB, O'Brien JP: The Oswestry low back pain disability questionnaire. *Physiotherapy.* 1980; 66: 271-73.
28. Fairbank J, Pynsent PB: The Oswestry disability index. *Spine.* 2000; 25(22): 2940-53.
29. Davidson M: Rasch analysis of three versions of the Oswestry Disability Questionnaire. *Manual Therapy.* 2008 13: 222-31.