

Artículo original

Estabilización dinámica interespinala *versus* fijación transpedicular y artrodesis en el tratamiento del conducto lumbar estrecho en pacientes de 45 a 65 años de edad

Alpízar-Aguirre A,* Guevara-Álvarez A,** Rosales-Olivares LM,*** Zárate-Kalfópolos B,* Sánchez-Bringas G,* Reyes-Sánchez A****

Instituto Nacional de Rehabilitación

RESUMEN. *Introducción:* La ligamentoplastía es un método de estabilización dinámica posterior. El objetivo de este estudio es comparar la incidencia de aparición de la enfermedad del segmento adyacente en pacientes sometidos a descompresión con ligamentoplastía *versus* pacientes con artrodesis convencional 360°. *Material y métodos:* Se estudian dos grupos de 15 pacientes cada uno; el primer grupo fue sometido a recalibrage con fijación (Grupo A) y el segundo grupo a recalibrage con ligamentoplastía (Grupo L). Se evalúa la aparición de degeneración del segmento adyacente así como la presencia de enfermedad del segmento adyacente en ambos grupos. Se realiza la estadística con el programa SPSS 17.0. *Resultados:* Ambas técnicas muestran mejoría clínica estadísticamente significativa a los seis meses de postoperatorio ($p = 0.001$), radiográficamente se encontró un índice mayor de inestabilidad translacional al año de seguimiento en el grupo de artrodesis. No se encontró diferencia estadística en la evolución clínica así como el resto de variables radiográficas en la comparación a tres años en ambos grupos. La incidencia de aparición de degeneración del segmento adyacente en el Grupo A fue de 33.3% en com-

ABSTRACT. *Introduction:* Ligamentoplasty is a posterior dynamic stabilization method. The purpose of this study is to compare the incidence of adjacent segment disease in patients undergoing decompression and ligamentoplasty *versus* patients with standard 360° arthrodesis. *Material and methods:* Two groups were studied, each with 15 patients. The first group underwent recalibration with fixation (Group A) and the second group recalibration with ligamentoplasty (Group L). The occurrence of adjacent segment degeneration was assessed, together with the presence of adjacent segment disease in both groups. The statistical analysis was performed with the SPSS 17.0 software. *Results:* Both techniques showed a statistically significant clinical improvement at the six-month postoperative follow-up ($p = 0.001$). Radiographic findings showed a higher translational instability index at the one-year follow-up in the arthrodesis group. No statistical difference was found in the clinical course or in the rest of the radiographic variables at the 3-year comparison between both groups. The rate of adjacent segment degeneration in Group A was 33.3%, compared with 20% in Group L at the one-year follow-up.

Nivel de evidencia: II (Act Ortop Mex, 2012)

* Servicio de Cirugía de Columna.

** Residente de la Especialidad de Ortopedia.

*** Jefatura de Servicio de Cirugía de Columna Vertebral.

**** División de Cirugía Especial.

Instituto Nacional de Rehabilitación.

Dirección para correspondencia:

Dr. Alejandro Reyes Sánchez

Camino a Santa Teresa Núm. 1055-684, Col. Héroes de Padierna, Delegación Magdalena Contreras, C. P. 10700, México, D. F. México.

Tel: 59991000, ext. 12209 Cel: 0445554138587

E-mail: alereyes@inr.gob.mx; areyes@vertebrae.com.mx

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

paración con 20% en el Grupo L al año de seguimiento. Al momento actual se han presentado dos casos de radiculopatía, uno en el Grupo L y uno en el Grupo A, ambos con enfermedad del segmento adyacente. Conclusión: A tres años de seguimiento no es posible afirmar que la ligamentoplastía a diferencia de la artrodesis 360° disminuye la incidencia de aparición de enfermedad del segmento adyacente; sin embargo se trata de una técnica con resultados prometedores.

Palabras clave: conducto lumbar estrecho, plástia, estabilización dinámica, artrodesis, ligamento, columna, fijación.

Until now, there have been two cases of radiculopathy, one in Group L and one in Group A, both with adjacent segment disease. Conclusion: At the 3-year follow-up it is not possible to say that ligamentoplasty, unlike 360° arthrodesis, decreases the rate of adjacent segment disease. However, this technique has promising results.

Key words: narrow lumbar canal, plasty, dynamic stabilization, arthrodesis, ligament, spine, fixation.

Introducción

El conducto lumbar estrecho es una entidad caracterizada por disminución del diámetro de la luz del conducto raquídeo por crecimiento de hueso o incremento en el espesor de los ligamentos.¹ La presencia radiográfica de una disminución en el conducto espinal no define como tal al síndrome y el diagnóstico de «conducto lumbar estrecho» se define como la presencia de síntomas y hallazgos clínicos apoyados en la evidencia radiográfica.²⁻⁴

Ullrich y colaboradores definieron conducto lumbar estrecho a la condición en donde el área transversal del canal espinal es menor a 14.5 milímetros.^{5,6} La reducción en el diámetro del conducto o de las conexiones de los nervios puede ser atribuible a la hipertrofia del hueso o ligamentaria, a la saliente del disco, a espondilolistesis o a cualquier combinación de estos elementos y resulta potencialmente en compresión de los elementos neurales.⁷⁻⁹

En el ligamento amarillo normal las fibras elásticas predominan, 60 a 70% de la matriz extracelular corresponde a dichas fibras elásticas.¹⁰ En contraste, el ligamento hipertrófico muestra un aumento en las fibras de colágeno, así como calcificación, osificación y condrometaplasia.¹¹ En la degeneración del segmento intervienen alteraciones del metabolismo¹² y en la sintomatología la presencia de alteraciones vasculares intratecales.^{13,14}

La estenosis puede estar presente sin que haya sintomatología; se observa que 21% de los sujetos mayores de 60 años se encuentran asintomáticos con conducto lumbar estrecho. La forma más común de estenosis es la degenerativa y se manifiesta clínicamente con más frecuencia en la quinta y sexta décadas de la vida, asociándose con conducto cervical estrecho en 5%.¹⁵⁻¹⁸

Malmivaara y su grupo, en un estudio donde comparan el tratamiento quirúrgico *versus* el conservador, encontraron una notable mejoría también en el grupo que fue tratado conservadoramente, proponiendo así que la descompresión quirúrgica se debe sugerir con precaución y sólo después de haber ofrecido tratamiento conservador.⁵

El tratamiento del síndrome se puede simplificar a descompresión y fijación de la inestabilidad, pasando por diferentes técnicas como laminectomía, recalibrage, etcétera.^{15,19} La fusión lumbar se ha popularizado en las últimas 2 a 3 décadas, para el tratamiento del conducto lumbar estrecho. Desafortunadamente, una fusión de la columna altera la biomecánica normal, así como el centro de rotación; la pérdida de movimiento en los niveles fusionados es compensada por el movimiento creciente en otros segmentos sin fusionar.²⁰

La evidencia radiográfica de la enfermedad del segmento adyacente ha sido reportada con una prevalencia de hasta 30% y se han propuesto varios factores de riesgo, los cuales se han dividido en dos grandes grupos, factores del paciente, como son edad, obesidad, degeneración de discos adyacentes previos, menopausia e inclinación sacral.²⁰

La importancia de la realineación sagital, así como la de mantener la lordosis durante la fijación, se ha documentado en varios estudios y la experiencia clínica sugiere que la fusión lumbar con déficit en la alineación sagital puede deteriorar al segmento adyacente.²¹

La presencia radiográfica de degeneración discal adyacente al sitio previamente tratado de forma quirúrgica, ya sea mediante artrodesis o cirugía de no fusión, se conoce como degeneración del segmento adyacente, debiendo ser diferenciado por la presencia o no de sintomatología clínica.²²⁻²⁵

La estabilización dinámica se define como «un sistema que modifica favorablemente el movimiento y la carga de transmisión de un segmento espinal, sin la intención de fusionar dicho segmento», ésta se divide en 4 grandes grupos de sistemas: 1) de distracción interespinal, 2) ligamento interespinal, 3) ligamento a través de tornillos transpediculares y 4) sistema metálico semirrígido con tornillo transpedicular.²⁵⁻²⁸

En un estudio prospectivo con seguimiento a cuatro años, en pacientes con conducto lumbar estrecho, espondilolistesis y columna multioperada, sometidos a fijación circumferencial, Reyes Sánchez y asociados reportan en población mexicana del Instituto Nacional de Rehabilita-

ción una incidencia de alteración del segmento adyacente de 76.6%, con sólo 6.6% de pacientes con sintomatología asociada.²⁹

Senegas, desde 1988, pregonó la necesidad de reparación de ligamento de la columna vertebral en cada descompresión de estenosis raquídea, para evitar mayor degeneración discal; él realiza dicha reparación mediante ligamento de dacrón en forma de «8» interespinal y coloca una prótesis a este nivel para evitar la disminución de dicho espacio, evitando el cierre secundario de los forámenes.³⁰

En la literatura se demuestra la presencia de una tendencia a la prevención de degeneración del segmento adyacente, en donde se observan reportes aún sin evidencia estadística, pero con posibilidad de traslación en su mejoría clínica e, incluso, con posibilidad para la demostración no estadística de disminución de desarrollo de la enfermedad del segmento adyacente, si bien con mensaje clínico de disminución del mismo y mejora de la evolución de los pacientes, con diferentes sistemas y técnicas.³⁰⁻⁴⁵

En este contexto, Rosales y colaboradores reportan que la ligamentoplastía interespinala mejora la estabilidad segmentaria, permite la movilidad dentro de los rangos normales, conserva la altura discal a los cuatro años de seguimiento y ofrece una mayor estabilidad dinámica con una notable mejoría clínica, lo que permite considerar que el procedimiento disminuye el estrés sobre los segmentos adyacentes.⁴²

Dado el impacto del conducto lumbar estrecho y el desarrollo de la enfermedad del segmento adyacente, el cual se ha reportado con una incidencia que va desde 5.3 hasta 100%, dependiendo de la serie, en pacientes sometidos a fijación rígida, la estabilización dinámica con ligamentoplastía se presenta como opción terapéutica, ya que limita hasta en 15% la amplitud de movimientos de la columna lumbar, disminuyendo la alteración biomecánica en el segmento adyacente al sitio de fijación y repercutiendo así directamente en la incidencia de la enfermedad del segmento adyacente.

En nuestro trabajo, la pregunta a resolver fue si la ligamentoplastía disminuye la enfermedad del segmento adyacente y es capaz de mantener asintomáticos a los pacientes sometidos a tratamiento de liberación por conducto lumbar estrecho.

Material y métodos

Estudio prospectivo, de intervención, comparativo, el cual fue llevado a cabo en pacientes con edades de 45 a 65 años de edad, sometidos a recalibrage por conducto lumbar estrecho en el período comprendido del año 2005 al 2008.

El objetivo general del estudio fue comparar las técnicas de recalibrage con fijación y artrodesis, contra recalibrage y estabilización interespinala con ligamentoplastía, para prevenir la enfermedad del segmento adyacente en pacientes de 45 a 65 años de edad, sometidos a tratamiento del conducto lumbar estrecho en nuestro servicio. Se logró lo anterior a través del estudio de los cambios estructurales en los seg-

mentos suprayacentes e infrayacentes al segmento fusionado y de la evaluación de la función, dolor y calidad de vida mediante las escalas Oswestry, SF-36 y la escala visual análoga del dolor.

Se formaron dos grupos de 15 pacientes, el primero fue sometido a recalibrage con fijación (Grupo I) y el segundo grupo a recalibrage con ligamentoplastía (Grupo II). El tipo de muestreo fue por conveniencia. Las variables se midieron antes de la intervención y tres años después.

Se incluyeron pacientes de 45 a 65 años de edad, sin importar género, con diagnóstico de conducto lumbar estrecho, sometidos a recalibrage con artrodesis de 360° y/o recalibrage con estabilización dinámica (ligamentoplastía). En quienes se realizó cirugía en uno o dos niveles y con consentimiento informado firmado.

Respecto de la técnica quirúrgica, en el Grupo I se efectuó laminectomía más liberación de recesos laterales y foraminotomía; con técnica de Roy Camille se localizaron pedículos y se colocaron tornillos pediculares para realizar fijación rígida y artrodesis posterolateral.

En el Grupo II se realizó recalibrage para liberación del conducto raquídeo y estabilización dinámica con ligamento plano y flexible de dacrón (Dallos, Mavero Inc.) en el segmento operado, que se pasa ocho veces alrededor de las apófisis espinosas, suturado con un punto en el espacio interespinal de dicho segmento; sin realizar artrodesis.

Se analizaron edad, género, dolor por medio de la escala visual análoga, función por medio de escala de Oswestry y calidad de vida por medio de escala SF-36, así también movimiento traslacional, altura del espacio intervertebral operado, inestabilidad angular por medio de medición milimétrica de radiografías. De los niveles operados, del supraadyacente e infraadyacente.

Se realizó estadística descriptiva con análisis de distribución de datos. Para datos con distribución normal y comparación antes-después, se utilizó prueba de comparación de medias para grupos relacionados (T pareada) ($IC = 95\%$). Para datos con distribución no normal se aplicó prueba no paramétrica de suma de rangos con signo de Wilcoxon. Se considera significancia estadística cuando $p < 0.05$.

Resultados

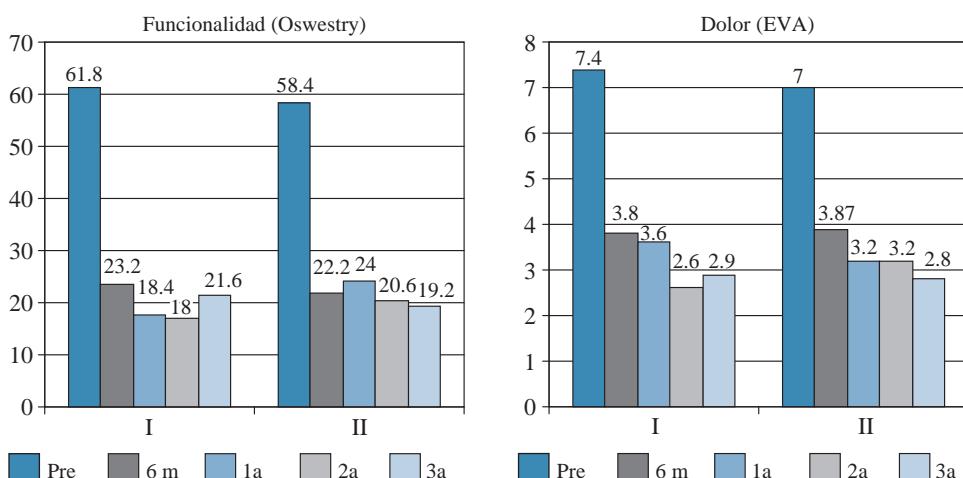
Ambos grupos fueron homogéneos respecto a edad e índice de masa corporal. El sangrado y el tiempo quirúrgico presentaron valores menores en el Grupo II (ligamentoplastía) ($p = 0.0001$) (Tabla 1).

En relación con el seguimiento clínico encontramos lo siguiente: la funcionalidad de los pacientes, antes de la cirugía, mejoró significativamente en la evaluación a seis meses de postoperados, tanto en el Grupo I como en el Grupo II, ésta fue evaluada con la escala de Oswestry ($p = 0.001$, en ambos grupos). Así mismo se encontró diferencia al comparar 6 meses con 1 año de seguimiento en el Grupo I ($p = 0.007$) y al comparar 1 año con 2 años en el Grupo II ($p = 0.010$).

Tabla 1. Resultados demográficos. Los grupos son homogéneos en cuanto a número, proporción por género, edad e índice de masa corporal. Se evidencia la diferencia estadísticamente significativa respecto al Grupo I en sangrado quirúrgico y tiempo quirúrgico.

| Variable | Grupo I | Grupo II | p |
|--------------------|------------|------------|--------|
| Masculino/femenino | 12/3 | 7/8 | ns |
| Edad | 54.28 años | 56.16 años | ns |
| IMC | 27.4 | 27.8 | ns |
| Sangrado | 633.33 ml | 229.33 ml | 0.0001 |
| Tiempo quirúrgico | 252 min | 147 min | 0.0001 |

IMC = índice de masa corporal; ns = no significativa



Gráfica 1. Escalas función-dolor. Tanto la funcionalidad valorada con la escala de Oswestry como el dolor valorado en Escala Visual Análoga mostraron un cambio estadísticamente significativo respecto al prequirúrgico en ambos grupos. En el seguimiento subsecuente no se evidenció diferencia entre grupos para las dos variables valoradas con dichas escalas.

Los puntajes preoperatorios en el Grupo I y II, en escala visual análoga del dolor lumbar fue de 7.40 ± 0.737 y 7.07 ± 1.387 , respectivamente y disminuyeron después del tratamiento quirúrgico a 3.8 ± 1.935 y 3.87 ± 2.167 ; esto representa una mejoría en 42%. Los puntajes preoperatorios en el Grupo I y II en escala visual análoga del dolor radicular fueron de 6 ± 1.134 y 7 ± 1.732 , respectivamente y disminuyeron después del tratamiento quirúrgico a 2.13 ± 2.850 y 2 ± 2.642 respectivamente, representando una mejoría en 28% (*Gráfica 1*). La diferencia encontrada entre los promedios de los grupos de SF-36 no fue significativa en la evaluación mental ($p = 0.146$) ni en la física ($p = 0.500$) (*Tabla 2*).

En relación con las variables radiográficas encontramos que la traslación en el segmento suprayacente, en el Grupo I, mostró diferencia significativa ($p = 0.041$) al año de seguimiento radiográfico; no se encontraron diferencias en la angulación y la altura intervertebral suprayacente durante todo su seguimiento. En el grupo II no se encontró diferencia significativa en las variables radiográficas durante el seguimiento (*Gráfica 2*). La incidencia de aparición de degeneración del segmento adyacente y enfermedad del segmento adyacente se muestran en la *tabla 3*.

Se encontró degeneración del segmento suprayacente en 26.6% del total de pacientes. En ningún caso se evidencia degeneración del segmento infrayacente.

A tres años de seguimiento, un paciente del grupo I presentó radiculopatía significativa en el nivel suprayacente

al operado, así como datos de inestabilidad angular y translacional en dicho segmento. La inestabilidad tanto angular como translacional se encuentra documentada radiológicamente a los seis meses de seguimiento, con presencia de síntomas hasta el año de seguimiento, motivo por el cual actualmente es candidato a tratamiento quirúrgico de revisión (*Figura 1*).

Por otro lado, un paciente del grupo II presentó radiculopatía significativa con degeneración de segmento suprayacente evidente a los dos años de seguimiento, misma que requiere de cirugía de revisión para artrodesis de 360° de dos segmentos (*Figura 2*).

Se presentó como complicación en un solo caso del grupo II la presencia de una fistula lumbar activa, con cultivos bacteriológicos negativos, motivo por el cual se retiró el ligamento a los siete meses del postoperatorio por reporte histopatológico compatible con rechazo a material.

Discusión

La artrodesis lumbar mediante instrumentación de 360° se ha utilizado como tratamiento asociado a la descompresión lumbar para el tratamiento de conducto lumbar estrecho,^{18,22,24,44} con una amplia gama de ventajas como lo es la capacidad de restaurar de forma más precisa la alineación fisiológica de la columna lumbar, así como brindar estabilidad a los segmentos que se sometieron a descompresión. La

inquietud se ha plasmado en diversos estudios^{19,20,22,23,30,37,42} debido a la alteración de la biomecánica normal al fusionarse un nivel, compensando la pérdida de movimiento con un incremento en la movilidad de los segmentos inmediatos. Sin embargo, a pesar de la evidencia de degeneración del segmento suprayacente, la correlación con el desarrollo de síntomas permanece incierta.

En el presente estudio se demuestra que tanto la descompresión con artrodesis como la descompresión con ligamentoplastía proveen una mejoría significativa de la sintomatología a los seis meses, respecto de la sintomatología

preoperatoria en escala visual análoga de dolor para región lumbar y radicular, así como en escala de Oswestry. Así, en la ligamentoplastía se presentan como ventajas una disminución en el tiempo quirúrgico y en el sangrado transopera-

Tabla 2. Evaluación funcional. No se encontró diferencia estadísticamente significativa entre ambos grupos respecto a la funcionalidad valorada con el cuestionario SF-36.

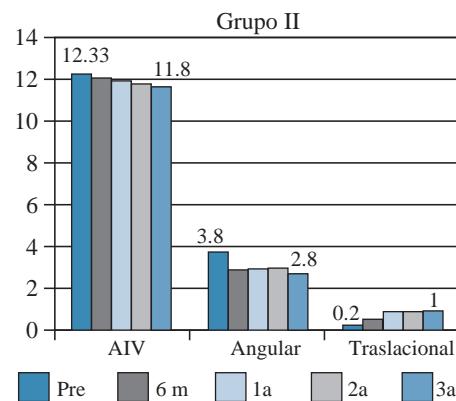
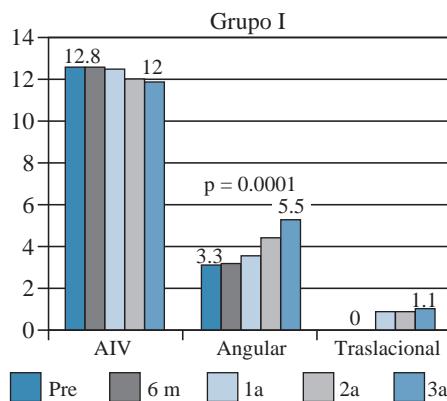
| Variable | Grupo | Valor |
|--------------|-------|-------|
| SF-36 Mental | I | 51.36 |
| | II | 46.09 |
| SF-36 Físico | I | 38.4 |
| | II | 41.4 |

Grupo I versus Grupo II; p = no significativa

Tabla 3. La presentación de degeneración de segmento suprayacente fue más evidente al año de seguimiento en el Grupo I (n = 5); sin embargo, en el grupo II se presentaron 2 casos a los 6 meses de seguimiento. A los 2 años de seguimiento, un caso por grupo presentó enfermedad del segmento adyacente.

| Seguimiento | Grupo | DSS | ESS |
|-------------|-------|-----|-----|
| 6 meses | I | 0 | 0 |
| | II | 2 | 0 |
| 1 año | I | 5 | 0 |
| | II | 1 | 0 |
| 2 años | I | 0 | 1 |
| | II | 0 | 1 |
| 3 años | I | 0 | 0 |
| | II | 0 | 0 |

DSS: Degeneración del segmento suprayacente; ESS: Enfermedad del segmento suprayacente



Gráfica 2. Variables radiográficas.
No se observó diferencia significativa en la altura intervertebral (AVI) ni la inestabilidad traslacional entre grupos. Se evidencia diferencia significativa respecto a la inestabilidad angular en el Grupo I a los tres años de seguimiento.

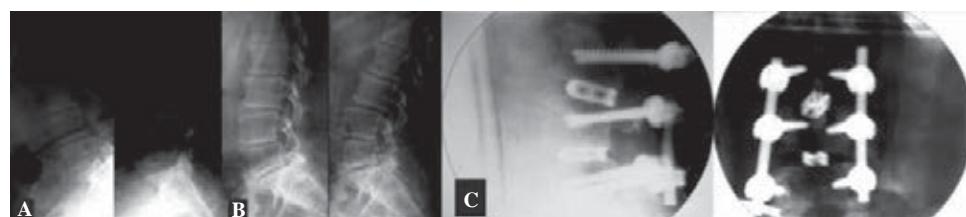


Figura 1. Imágenes de una mujer de 50 años de edad. En A se observan radiografías dinámicas preoperatorias; en B, radiografías dinámicas a seis meses de seguimiento; en C, proyecciones dinámicas a los dos años de seguimiento, con evidencia de inestabilidad tanto angular como traslacional del segmento suprayacente.

torio, aspecto que consideramos importante en relación con la morbilidad transquirúrgica y postquirúrgica.

La incidencia de degeneración del segmento suprayacente, dependiendo de la serie, ha sido descrita en un margen amplio, hasta 100%.^{22,42,45} En este estudio se reporta una incidencia de degeneración del segmento suprayacente en el grupo I (artrodesis) de 33.3% al año de seguimiento, en comparación con 20% del grupo II (ligamentoplastía). A pesar de esto, los cambios radiográficos compatibles con degeneración del segmento suprayacente en el grupo II se evidencian desde los seis meses.

La inestabilidad angular que se evidencia en el grupo I en el seguimiento a tres años puede estar explicada en relación con la rigidez de la fijación respecto al grupo II. Sin embargo, el resto de las variables radiográficas no mostraron diferencia significativa, motivo por el cual este resultado se deberá tomar con reserva.

Como ya ha sido demostrado, desde el punto de vista biomecánico⁴⁵ la ligamentoplastía puede realizarse en pacientes con mínimos cambios en el segmento por descomprimir. Se ha propuesto que en segmentos con evidencia de degeneración discal con base en la clasificación de la UCLA, grado I y II, la estabilización dinámica es útil;⁴⁵ por otro lado, la clasificación de Pfirrmann en resonancia magnética permite categorizar el grado de degeneración discal de forma más adecuada. Con base en los resultados derivados de este trabajo se postula el mismo criterio para el segmento por encima del afectado, es decir, clasificar el segmento suprayacente con base en la resonancia magnética y los criterios radiológicos de inestabilidad previos a la cirugía y definir si es tributario o no de ligamentoplastía como estabilizador único de dicho segmento, para disminuir así la incidencia de fallo para estabilización dinámica. El desarrollo de degeneración del segmento adyacente prematuro en el grupo de ligamentoplastía puede deberse precisamente a esta teoría, por lo que consideramos imprescindible la adecuada valoración preoperatoria con radiografías dinámicas, estáticas y resonancia magnética.

A pesar de ser una técnica quirúrgica con menor sangrado y tiempo transoperatorios, con resultados radiográficos y clínicos alentadores, a tres años de seguimiento no es posible afirmar que disminuye la incidencia de enfermedad del segmento adyacente en comparación con la artrodesis convencional de 360°, por este motivo consideramos necesario incrementar el tamaño de la muestra y el tiempo de seguimiento.

No existe diferencia significativa en los resultados entre los dos grupos, aunque la ligamentoplastía se realiza en menor tiempo y con menor sangrado.

Se requiere de un estudio con dos grupos más numerosos y por un período de tiempo mayor que el presentado en estas líneas.

Se encontró que los pacientes que tienen degeneración grado III o mayor de Fridman son más propensos a desarrollar degeneración y enfermedad del segmento adyacente; no se encontró degeneración en el segmento infraadyacente.

Bibliografía

- Rosales LM, Manssur D, Miramontes MV, Alpízar AA, Reyes-Sánchez AA: Conducto lumbar estrecho. *Acta Med* 2006; 4 (2): 102-8.
- Joseph D, Fortin DO, Michael T, Wheeler DO: Imaging in lumbar spinal stenosis. *Pain Physician* 2004; 7: 133-9.
- Cramer GD, Cantu JA, Dorsett RD, Greenstein JS, McGregor M, Howe JE, et al: Dimensions of the lumbar intervertebral foramina as determined from the sagittal plane magnetic resonance imaging scans of 95 normal subjects. *Manipulative Physiol Ther* 2003; 26 (3): 160-70.
- Zheng F, Farmer J, Sandhu H, O'Leary P: A novel method for the quantitative evaluation of lumbar spinal stenosis. *Hospital of Special Surgery Journal* 2006; 2: 136-40.
- Malmiivaara A, Heliövaara M, Sainio P, Kinnunen H, Kankare J: Surgical or nonoperative treatment for lumbar spinal stenosis? *Spine* 2007; 32 (1): 1-8.
- Goh KJ, Khalifa W, Anslow P, Cadoux-Hudson T, Donaghy M: The clinical syndrome associated with lumbar spinal stenosis. *Eur Neurol* 2004; 52 (4): 242-9.
- Cinotti G, De Santis P, Nofroni I, Postacchini F: Stenosis of lumbar intervertebral foramen: Anatomic study on predisposing factors. *Spine* 2002; 27 (3): 223-9.
- Pratt RK, Fairbank JC, Virr A: The reliability of the Shuttle Walking Test, the Swiss Spinal Stenosis Questionnaire, the Oxford Spinal Stenosis Score, and the Oswestry Disability Index in the assessment of patients with lumbar spinal stenosis. *Spine* 2002; 27 (1): 84-91.
- Santiago FR, Milena GL, Herrera RO, Romero PA, Plazas PG: Morphometry of the lower lumbar vertebrae in patients with and without low back pain. *Eur Spine J* 2001; 10 (3): 228-33.
- Kosaka H, Sairyo K, Biyani A, Leaman D, Yeasting R, Higashino K, et al: Pathomechanism of loss of elasticity and hypertrophy of lumbar ligamentum flavum in elderly patients with lumbar spinal canal stenosis. *Spine* 2007; 32 (25): 2805-11.
- Okuda T, Baba I, Fujimoto Y, Tanaka N, Sumida T, Manabe H, et al: The pathology of *ligamentum flavum* in degenerative lumbar disease. *Spine* 2004; 29 (15): 1689-97.
- Thomas SA: Spinal stenosis: history and physical examination. *Phys Med Rehabil Clin N Am* 2003; 14 (1): 29-39.
- Akuthota V, Lento P, Sowa G: Pathogenesis of lumbar spinal stenosis pain: why does an asymptomatic stenotic patient flare? *Phys Med Rehabil Clin N Am* 2003; 14 (1): 17-28.
- Rahmania RK, Nowaka DD, Gelbb DE, et al: Lumbar Spinal Stenosis. *Curr Orthop Practice* 2008; 19 (4): 351-6.
- Yukawa Y, Lenke LG, Tenhula J, Bridwell KH, Riew KD, Blanke K: A comprehensive study of patients with surgically treated lumbar spinal stenosis with neurogenic claudication. *J Bone Joint Surg Am* 2002; 84-A (11): 1954-9.
- Konno S, Kikuchi S, Tanaka Y, Yamazaki K, Shimada Y, Takei H, et al: A diagnostic support tool for lumbar spinal stenosis: a self-administered, self-reported history questionnaire. *BMC Musculoskeletal Disorders* 2007; 8: 102: 1-9.
- Hiwatashi A, Danielson B, Moritani T, Bakos R: Axial loading during MR imaging can influence treatment decision for symptomatic spinal stenosis. *AJNR Am J Neuroradiol* 2004; 25: 170-4.
- Weinstein J, Tosteson T, Lurie J: Surgical versus Nonsurgical Therapy for Lumbar Spinal Stenosis. *N Engl J Med* 2008; 358: 794-810.
- Cheh G, Bridwell K, Lenke L, Buchowski J, Daubs M, Kim Y, et al: Adjacent segment disease following lumbar/thoracolumbar fusion with pedicle screw instrumentation. *Spine* 2007, 32 (20): 2253-7.
- Akamaru T, Kawahara N, Yoon T, Minamide A, Kim SK, Tomita K, et al: Adjacent segment motion after a simulated lumbar fusion in different sagittal alignments. *Spine* 2003; 28 (14): 1560-6.
- Harrop J, Youssef J, Maltenfort M, Vorwald P, Jabbour P: Lumbar adjacent segment degeneration and disease after arthrodesis and total disc arthroplasty. *Spine* 2008; 33 (15): 1701-7.

22. Park P, Garton H, Gala V, Hoff J, McGillicuddy J: adjacent segment disease after lumbar or lumbosacral fusion: Review of the literature. *Spine* 2004; 29 (17): 1938-44.
23. Cunningham BW, Kotani Y, McNulty PS: The effect of spinal destabilization and instrumentation on lumbar intradiscal pressure: an *in vitro* biomechanical analysis. *Spine* 1997; 22: 2655-63.
24. Carola C, Hauri W, Kalbrczyk A, Wiesli M, Landolt H, Fandino J: Dynamic neutralization of the lumbar spine after microsurgical decompression in acquired lumbar spinal stenosis and segmental instability. *Spine* 2008; 33 (3): 66-72.
25. Christie S, Song JK, Fessler RG: Dynamic interspinous process technology. *Spine* 2005; 30 (16): 73-8.
26. Sengupta DK: Dynamic stabilization devices in the treatment of low back pain. *Neurology India* 2005; 53 (4): 466-74.
27. Caserta S, La Maida GA, Misaggi B, Peroni D: Elastic stabilization alone or combined with rigid fusion in spinal surgery: a biomechanical study and clinical experience based on 82 cases. *Eur Spine J* 2002; 11 (2): 192-7.
28. Carrillo H, Miranda L, Carrillo R: Recalibrage simple o con artrodesis en el canal lumbar estrecho degenerativo. *Ortho-tips* 2005; 1 (2): 111-9.
29. Reyes-Sánchez A, Villanueva P, Miramontes V, Rosales LM: Ligamentoplastía interespinala lumbar con corión para el tratamiento de inestabilidad vertebral. Reporte de 4 años de seguimiento. *Rev Mex Ortop Traum* 1998; 12 (6): 564-7.
30. Kanayama M, Togaza D, Hashimoto T: Motion-preserving surgery can prevent early breakdown of adjacent segments, comparison of posterior dynamic stabilization with spinal fusion. *J Spinal Disord Tech* 2009; 22 (7): 463-7.
31. Schaefer S, Broger I, Jeanneret B: Minimum four-year follow-up of spinal stenosis with degenerative spondylolisthesis treated with decompression and dynamic stabilization. *Spine* 2008; 33 (18): 636-42.
32. Mariottini A, Pieri S, Giachi S, Carangelo B, Zalaffi A, Muzii FV, et al: Preliminary results of a soft novel lumbar intervertebral prosthesis (DIAM) in the degenerative spinal pathology. *Acta Neurochir Suppl* 2005; 92: 129-31.
33. Zucherman JF, Hsu KY, Hartjen CA, Meholic TF, Implicito DA, Martin MJ, et al: A prospective randomized multi-center study for the treatment of lumbar spinal stenosis with the X STOP interspinous implant: 1-year results. *Eur Spine J* 2004; 13: 22-31.
34. Bowers C, Amin A, Dailey A, Schmidt M: Dynamic interspinous process stabilization: review of complications associated with the X-Stop device. *Neurosurg Focus* 2010; 28 (6): 1-6.
35. Kuchta J, Sobottke R, Eysel P, Simons P: Two-year results of interspinous spacer (X-Stop) implantation in 175 patients with neurologic intermittent claudication due to lumbar spinal stenosis. *Eur Spine J* 2009; 18: 823-9.
36. Maserati M, Tormenti M, Panczykowski D, Bonfield CM, Gerszten PC: The use of a hybrid dynamic stabilization and fusion system in the lumbar spine: preliminary experience. *Neurosurg Focus* 2010; 28 (6): 1-4.
37. Reyes-Sánchez A, Zárate-Kalfópolos B, Ramírez-Mora I, Rosales-Olivares LM, Sánchez-Bringas G: Posterior dynamic stabilization of the lumbar spine with the Accuflex rod system as a stand-alone device: experience in 20 patients with 2-year follow-up. *Eur Spine J* 2010; 19: 2164-70.
38. Kaner T, Sasani M, Oktenoglu T, Ozer AF: Dynamic stabilization of the spine: A new classification system. *Turkish Neurosurgery* 2010; 20 (2): 205-15.
39. Bono C, Kadaba M, Vaccaro A: Posterior pedicle fixation-based dynamic stabilization devices for the treatment of degenerative diseases of the lumbar spine. *J Spinal Disord Tech Volume* 2009; 22 (5): 376-83.
40. Jeevan D, Das K: Interspinous process devices for the treatment of lumbar degenerative disease. *Current Orthopaedic Practice* 2009; 20 (3): 232-7.
41. Imagama S, Kawakami N, Matsubara Y, Kanemura T, Tsuji T, Ohara T: preventive effect of artificial ligamentous stabilization on the upper adjacent segment impairment following posterior lumbar interbody fusion. *Spine* 2009; 34 (25): 2775-81.
42. Rosales LM, Contreras VJ, Miramontes V, Alpízar A, Reyes-Sánchez A: Development of adjacent segment disease in circumferential fusion: four years follow-up. *Columna/Columna* 2006; 5 (1): 7-14.
43. Cheng B, Gordon J, Cheng J, Welch WC: Immediate biomechanical effects of lumbar posterior dynamic stabilization above a circumferential fusion. *Spine* 2007; 32 (23): 2551-7.
44. Hong SW, Lee HY, Kim KH, Lee SH: Interspinous ligamentoplasty in the treatment of degenerative spondylolisthesis: midterm clinical results. *J Neurosurg Spine* 2010; 13: 27-35.
45. Rosales LM, Alpízar A, Miramontes V, Zarate K B, Reyes-Sánchez A: Estabilización dinámica interespinala en disectomía lumbar. Seguimiento de cuatro años. *Cir Cir* 2010; 78: 495-9.