

Artículo original

Utilidad de la ligamentoplastía para la prevención de la artrodesis en espondilolistesis lumbar degenerativa. Reporte preliminar

Juárez-Jiménez HG, ** Zarate-Kalfópolos B, * Alpizar-Aguirre A, ** Sánchez-Bringas MG, ** Rosales-Olivarez LM, *** Reyes-Sánchez AA ****

Instituto Nacional de Rehabilitación

RESUMEN. *Antecedentes:* La ligamentoplastía es un método de estabilización dinámica utilizado para el tratamiento del conducto lumbar estrecho y la resección de hernias de disco lumbares, brindando buenos resultados. El objetivo de este trabajo es reportar resultados preliminares sobre la utilidad de la ligamentoplastía para la prevención de la enfermedad del segmento suprayacente. *Material y métodos:* Se estudiaron dos grupos de pacientes con espondilolistesis lumbar degenerativa postoperados de artrodesis circumferencial. En 23 pacientes se colocó un sistema de estabilización dinámica en el segmento suprayacente (grupo L), mientras que en 35 pacientes no fue aplicado (grupo S). Se evaluó la aparición de la degeneración del segmento suprayacente, así como de la enfermedad del mismo. La estadística se realizó con el programa SPSS 15.0. *Resultados:* En el seguimiento actual la incidencia de la degeneración del segmento adyacente es la siguiente: a un año el 11% para el grupo L y 0% para el grupo S; a dos años el 13% en ambos grupos; a tres años el 0% para el grupo L y 19% para el grupo S; a cuatro años el 25% para el grupo L y 0% para el grupo S; y a cinco años el 50% para el grupo L y 0% para el

ABSTRACT. *Background:* Ligamentoplasty is a dynamic stabilization method used to treat lumbar stenosis and resect lumbar herniated discs with good results. The objective of this paper is to report preliminary results of the utility of ligamentoplasty to prevent adjacent segment disease above the arthrodesis. *Material and methods:* Two groups of patients with degenerative lumbar spondylolisthesis who underwent circumferential arthrodesis. In 23 patients a dynamic stabilization system was placed in the segment above (group L), while this system was not used in 35 patients (group S). Degeneration and disease of the segment above were assessed. The statistical analysis was done with the SPSS 15.0 software. *Results:* At the one-year follow-up, the incidence rate of adjacent segment degeneration was 11% for group L and 0% for group S; at the two-year follow-up it was 13% in both groups; at three years, 0% for group L and 19% for group S; at four years, 25% for group L and 0% for group S. At five years, 50% for group L and 0% for group S. Clinically significant radiculopathy occurred in two patients five years after surgery, one of whom also had adjacent segment disease. *Conclusions:* Based on the follow-up, at

Nivel de evidencia: III

* Residente del Curso de Postgrado de Cirugía de Columna Vertebral.

** Adscrito al Servicio de Cirugía de Columna Vertebral.

*** Jefe de Servicio de Cirugía de Columna Vertebral.

**** Jefe de la División de Cirugía Especial.

Instituto Nacional de Rehabilitación, Secretaría de Salud.

Dirección para correspondencia:

Alejandro Antonio Reyes Sánchez

Camino a Santa Teresa 1055-684, Col. Héroes de Padierna, CP 10700, México, D.F.

Tel: 59 99 10 00, ext. 12206 y 12209.

E-mail: alereyes@inr.gob.mx

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

grupo S. Actualmente ha aparecido radiculopatía clínicamente significativa en dos pacientes quienes cumplieron cinco años de operados, uno de ellos con enfermedad del segmento adyacente. Conclusiones: Al seguimiento actual no es posible demostrar la utilidad de la estabilización dinámica mediante ligamentoplastía para evitar la enfermedad del segmento suprayacente.

Palabras clave: columna, artrodesis, espondilolistesis, vértebras lumbares, ligamentos longitudinales, técnica.

this moment it is not possible to show the utility of dynamic stabilization through ligamentoplasty to avoid adjacent segment disease above the arthrodesis.

Key words: spine, arthrodesis, spondylolisthesis, lumbar vertebrae, longitudinal ligaments, technique.

Introducción

La degeneración de los segmentos adyacentes al artrodesado se ha reconocido desde hace más de 50 años.^{1,2} Los cambios en la biomecánica de dichos segmentos han sido propuestos como causa su degeneración,^{3,4,5,6} aunque esto no ha sido aceptado del todo.^{7,8,9} El principal segmento afectado es el suprayacente.^{10,11} Se han propuesto diversos factores de riesgo relacionados con esta afectación^{12,13,14,15,16} y para prevenirla se han ideado métodos que preservan la movilidad del segmento operado,^{17,18,19} aunque sus resultados son aún cuestionables.²⁰

La incidencia de la enfermedad del segmento suprayacente (ESS) ha sido estudiada desde el punto de vista radiográfico y clínico, siendo este último el más importante porque condiciona un segundo procedimiento quirúrgico. En seguimientos de cinco años, la incidencia de la enfermedad del segmento suprayacente varía entre 5 y 20%, mientras que la degeneración del segmento suprayacente (DSS) se observa hasta 100% de los casos.^{21,22,23} En términos económicos, una segunda intervención disminuye el costo-beneficio de cualquier tratamiento y nos obliga a buscar alternativas para corregirlo. La ligamentoplastía es un método de estabilización dinámica utilizado desde hace aproximadamente 20 años para el tratamiento del conducto lumbar estrecho y posterior a la resección de hernias de disco lumbares con buenos resultados,^{24,25,26} por ende, pensamos que su aplicación en el segmento suprayacente (SSY) disminuirá la incidencia de síntomas consecuencia de la degeneración del segmento.

El objetivo de este trabajo es reportar los resultados preliminares de un ensayo clínico sobre la utilidad de la ligamentoplastía en el segmento suprayacente en una artrodesis rígida para la prevención de la enfermedad del segmento suprayacente.

Material y métodos

Se realizó un estudio tipo ensayo clínico de intervención deliberada en el cual se comparan dos grupos homogéneos de pacientes, quienes fueron intervenidos por espondilolistesis degenerativa sintomática de enero de 2005 a febrero de 2010. El grupo L (L = ligamento) incluyó 23 pacientes en

quienes fue realizada la aplicación de un estabilizador dinámico con una técnica denominada como «ligamentoplastía» en el segmento suprayacente a la artrodesis circunferencial. El grupo S (S = sin ligamento) incluyó 35 pacientes en quienes no se realizó dicho procedimiento en el segmento suprayacente. La designación de la intervención fue realizada durante una sesión colegiada preoperatoria. El comité de ética del hospital aprobó la realización del estudio.

Los criterios de inclusión fueron los siguientes: pacientes con espondilolistesis degenerativa de un solo nivel (L4-L5) cuya sintomatología no mejoró después de seis semanas de tratamiento conservador, sin afectación prequirúrgica en el nivel suprayacente a la artrodesis. En todos los casos se firmó previamente el consentimiento informado. Los pacientes debían haber cumplido su seguimiento a los seis meses de operados y haber presentado una mejoría total de sus síntomas. Este tiempo fue tomado como el tiempo 0 para evaluar el desarrollo de la enfermedad del segmento suprayacente.

Los criterios de exclusión fueron los siguientes: pacientes con alguna cirugía previa en la columna lumbar, con alguna enfermedad sistémica concomitante con un pronóstico de muerte menor a 1 año, pacientes con malformaciones vertebrales, pacientes con conducto lumbar estrecho en los niveles lumbares adyacentes a la espondilolistesis.

Los criterios de eliminación fueron los siguientes: pacientes que necesitaran de cirugía de revisión por infección antes de dos años, pacientes que por su propia cuenta hayan decidido abandonar el estudio y pacientes en quienes no se hubiera logrado una artrodesis adecuada del segmento operado por la espondilolistesis.

Los criterios radiográficos tomados en cuenta para catalogar la aparición de degeneración del segmento suprayacente (DSS) fueron los siguientes: disminución de más de 20% de la altura del disco del nivel suprayacente,²⁷ listesis de más de 3 mm en la radiografía en posición neutra, movilidad angular de más de 10 grados medidas con el método de White y Panjabi.^{28,29} Avance en la degeneración discal medida con resonancia magnética en un grado de acuerdo con la clasificación de Pfirrmann³⁰ y avance en la degeneración discal con radiografías en un grado según la clasificación de la UCLA.

Los criterios clínicos tomados en cuenta para catalogar la aparición de la enfermedad del segmento suprayacente fueron los siguientes: presencia de degeneración del segmento suprayacente y radiculopatía correspondiente clínicamente con la afectación de este nivel que promovieran una cirugía de revisión electiva (para este estudio consideramos a la radiculopatía).

En este estudio se evaluó únicamente el segmento suprayacente por ser la localización más frecuente de aparición de degeneración del segmento adyacente y porque la enfermedad del segmento infrayacente es muy rara (< 3%).

En todos los casos se aplicó el SF-12,³¹ el cuestionario de Oswestry y se catalogó el dolor en la escala visual análoga (EVA). Se tomó en cuenta la edad del paciente en el momento de la operación, el sexo y el índice de masa corporal, el tiempo quirúrgico, el sangrado y las complicaciones reportadas.

La evaluación prequirúrgica por imagen se realizó con resonancia magnética de 1.5 Tesla y con radiografías simples con proyecciones estáticas anteroposterior y lateral además de radiografías dinámicas laterales; todas tomadas con el paciente de pie. El seguimiento tomado en cuenta para este pro-

yecto fue la evaluación a los seis meses y posteriormente cada año. En todas las citas se solicitaron radiografías de pie con las mismas proyecciones y se planeó tomar una nueva resonancia magnética al cumplir cinco y 10 años de seguimiento en caso de pacientes asintomáticos, o bien, en el momento en el cual apareciera la enfermedad del segmento suprayacente. En la resonancia magnética se catalogó la degeneración del segmento suprayacente por un radiólogo experto en resonancia magnética. Las mediciones radiográficas se encaminaron al estudio del segmento adyacente, el segmento artrodesado, al balance sagital y a la relación de la pelvis con la columna vertebral. Estas mediciones fueron realizadas por un residente en curso de postgrado para cirugía de columna vertebral. La degeneración del segmento suprayacente fue catalogada por un radiólogo experto.

El análisis estadístico se realiza con el software estadístico SPSS 15.0 (SPSS inc., Chicago, USA). Se realizó el estudio descriptivo de los parámetros de las muestras; para distribución normal se compararon las medias de los dos grupos con la prueba de t para muestras independientes. Las pruebas de

Tabla 1. Variables demográficas, factores de riesgo, datos quirúrgicos y seguimiento actual.

Variable	Total	Grupo S	Grupo L	p
Número de pacientes (%)	58 (100%)	35 (60.3%)	23 (39.7%)	
Número de mujeres/hombres	27:31	6:17	21:14	< 0.05
Edad en años (DE)	60.34 (9.85)	61.06 (10.30)	59.26 (9.24)	NS
Índice de masa corporal (DE)	27.0 (2.75)	27.26 (3.07)	26.7 (2.2)	NS
Sangrado quirúrgico en ml (DE)	612.59 (372.77)	617.14 (331.4)	605.65 (436.1)	NS
Tiempo quirúrgico en minutos (DE)	225.09 (65.40)	230 (65.1)	217.61 (66.6)	NS
Seguimiento en meses (DE)	30.09 (18.71)	32.26 (19.98)	26.78 (16.46)	NS

DE = Desviación estándar. NS = No significativo. p = valor de p.

Tabla 2. Impacto inicial de la cirugía sobre las variables clínicas.

Grupo	Variables	Media	Desviación estándar	p
S	Dolor lumbar prequirúrgico	7.49	1.31	< 0.05
	Dolor lumbar postquirúrgico 6 meses	1.46	1.17	
	Dolor radicular prequirúrgico	7.57	1.17	< 0.05
	Dolor radicular postquirúrgico 6 meses	0.74	1.22	
	IDL prequirúrgico	50.49	9.72	< 0.05
	IDL postquirúrgico 6 meses	9.09	4.10	
	SF-12 físico prequirúrgico	27.33	2.14	< 0.05
	SF-12 físico postquirúrgico 6 meses	42.68	9.23	
	SF-12 mental prequirúrgico	24.53	2.61	< 0.05
	SF-12 mental postquirúrgico 6 meses	46.6	8.60	
L	Dolor lumbar prequirúrgico	7.22	1.28	< 0.05
	Dolor lumbar postquirúrgico 6 meses	1.48	1.24	
	Dolor radicular prequirúrgico	7	1.13	< 0.05
	Dolor radicular postquirúrgico 6 meses	1	1.17	
	IDL prequirúrgico	52.22	15.45	< 0.05
	IDL postquirúrgico 6 meses	9.22	5.45	
	SF-12 físico prequirúrgico	25.81	1.74	< 0.05
	SF-12 físico postquirúrgico 6 meses	41.74	9.24	
	SF-12 mental prequirúrgico	25.36	1.77	< 0.05
	SF-12 mental postquirúrgico 6 meses	49.68	6.50	

IDL = Índice de discapacidad lumbar. p = valor de p.

Tabla 3. Variables clínicas e imagenológicas 6 meses después de operados (tiempo cero).				
Variable	Grupo	Media	Desviación estándar	p
Dolor lumbar	S	1.46	1.17	NS
	L	1.48	1.24	
Dolor radicular	S	0.74	1.22	NS
	L	1.00	1.17	
Índice de discapacidad por dolor lumbar	S	9.09	4.10	NS
	L	9.22	5.45	
SF-12 físico	S	42.68	9.23	NS
	L	41.74	9.24	
SF-12 mental	S	46.60	8.60	NS
	L	49.68	6.50	
Satisfacción	S	4.66	0.48	NS
	L	4.61	0.10	
Altura espacio intersomático (SSY)	S	10.09	1.29	NS
	L	10.70	2.03	
Pendiente de S1	S	38.4	8.09	NS
	L	37.96	6.83	
Movilidad angular (SSY)	S	3.31	1.68	NS
	L	3.52	2.09	
Movilidad traslacional (SSY)	S	0	0	NS
	L	0	0	
Listesis	S	0	0	NS
	L	0	0	
Degeneración discal radiográfica	S	0.97	0.62	NS
	L	0.70	0.77	
Lordosis L1L5	S	40.06	10.75	NS
	L	37.17	9.28	
Degeneración discal por resonancia	S	1.89	0.58	NS
	L	1.70	0.63	
Lordosis (SA)	S	18.51	5.88	NS
	L	17.61	6.20	
Movilidad angular (SA)	S	0	0	NS
	L	0	0	

DE = Desviación estándar. NS = No significativo. p = valor de p.

SSY = Segmento suprayacente. SA = Segmento artrodesado.

concordancia se realizaron con la prueba de Kappa. Para las variables cualitativas se realizó la prueba de chi cuadrada. Se consideró diferencia significativa cuando p fue menor a 0.05. Se realizaron curvas de supervivencia y se aplicó la prueba de Log rango para determinar la significancia de las diferencias.

Resultados

En la *tabla 1* podemos observar las variables demográficas, quirúrgicas y el seguimiento actual. En ambos grupos el impacto clínico de la cirugía realizada fue significativo (*Tabla 2*). No encontramos diferencias estadísticamente significativas entre ellos a los 6 meses (tiempo considerado por nosotros como tiempo cero) del postoperatorio en las variables clínicas e imagenológicas consideradas (*Tablas 3 a 5*). La concordancia intraobservador para el evaluador de la resonancia magnética fue de 0.92 y para el evaluador de la radiografía fue de 0.89.

Actualmente 58 pacientes tienen seguimiento de 6 meses, 48 (82.7%) (Grupo S: 29, Grupo L: 19) y seguimiento de un año, 37 (63.8%) (Grupo S: 22, Grupo L: 15) tienen seguimien-

Tabla 4. Pendiente del sacro a los 6 meses de postoperado (la diferencia es no significativa).			
Ligamento	Pendiente	Frecuencia	Porcentaje
Sin ligamento	Negativo	25	71.4
	Neutro	1	2.9
	Positivo	9	25.7
	Total	35	100
Con ligamento	Negativo	14	60.9
	Neutro	0	0
	Positivo	9	39.1
	Total	23	100

Tabla 5. Sagitalización de las articulaciones del segmento suprayacente a los 6 meses de postoperado (la diferencia es no significativa).			
Ligamento	Sagitalización	Frecuencia	Porcentaje
Sin ligamento	Sí	22	62.85
	No	13	37.15
	Total	35	100
Con ligamento	Sí	16	69.57
	No	7	30.43
	Total	23	100

Tabla 6. Aparición de degeneración del segmento suprayacente (DSS) y de la enfermedad del segmento suprayacente (ESS) de acuerdo con seguimiento actual.				
Seguimiento en años	Grupo	n	Pacientes con DSS	Pacientes con ESS
1	S	29	0	0
	L	19	2	0
2	S	22	2	0
	L	15	2	0
3	S	16	3	0
	L	8	0	0
4	S	7	0	0
	L	4	1	0
5	S	5	0	1
	L	2	1	0

n = número de pacientes.

to de dos años, 24 (41.37%) (Grupo S: 16, Grupo L: 8) tienen seguimiento de tres años, 11 (18.9%) (Grupo S: 7, Grupo L: 4) tienen seguimiento de cuatro años mientras que siete (12%) (Grupo S: 5, Grupo L: 2) tienen seguimiento de cinco años. Dos pacientes han muerto, ambas del grupo sin ligamento y del sexo femenino. Su muerte fue debida a causas ajenas a la cirugía lumbar. Un caso fue seguido por tres años y el otro por un año durante los cuales no desarrollaron síntomas.

Al seguimiento se aplicaron los criterios antes mencionados para determinar la presencia de degeneración del segmento suprayacente. La incidencia de aparición de DSS y de ESS se observa en la *tabla 6*. Es importante mencionar que en el quinto año, el criterio que permitió concluir que

uno de los pacientes del grupo L tenía degeneración del segmento suprayacente fue la resonancia magnética nuclear.

Actualmente ha aparecido radiculopatía clínicamente significativa en dos pacientes que cumplieron 5 años de operados. En ninguno de estos casos existen datos de seudoartrosis del segmento artrodesado. Se trata de los casos 1 y 8, quienes pertenecen al grupo S y cuyas imágenes se muestran en las *figuras 1 y 2*.

Discusión

El costo-efectividad de la artrodesis con instrumentación se ha cuestionado por muchas razones,³² entre ellas la aparición de la enfermedad del segmento suprayacente.^{33,34} Sin embargo, es el estándar de oro para el tratamiento de la espondilolistesis degenerativa. Aunque actualmente se encuen-

tra en debate la causa de esta entidad, por un lado, hay literatura que sugiere que la utilización de un sistema dinámico podría disminuir la frecuencia de aparición de la enfermedad del segmento suprayacente por sus beneficios mecánicos,³⁵ pero también, por el otro, hay literatura que lo contradice.^{36,37}

En este estudio, evaluamos la aparición de la enfermedad del segmento suprayacente en dos grupos de pacientes homogéneos desde el punto de vista clínico y radiográfico. Aunque la tendencia actual pareciera no beneficiar el uso de la ligamentoplastía en relación a la DSS, no es posible aún dar conclusiones debido al seguimiento actual de los pacientes. Hasta el momento se han publicado algunos estudios similares al nuestro: el estudio de Imagama³⁸ sigue actualmente a dos grupos de pacientes de 35 individuos cada uno con un seguimiento mínimo de 2 años; en él compara los resultados del uso

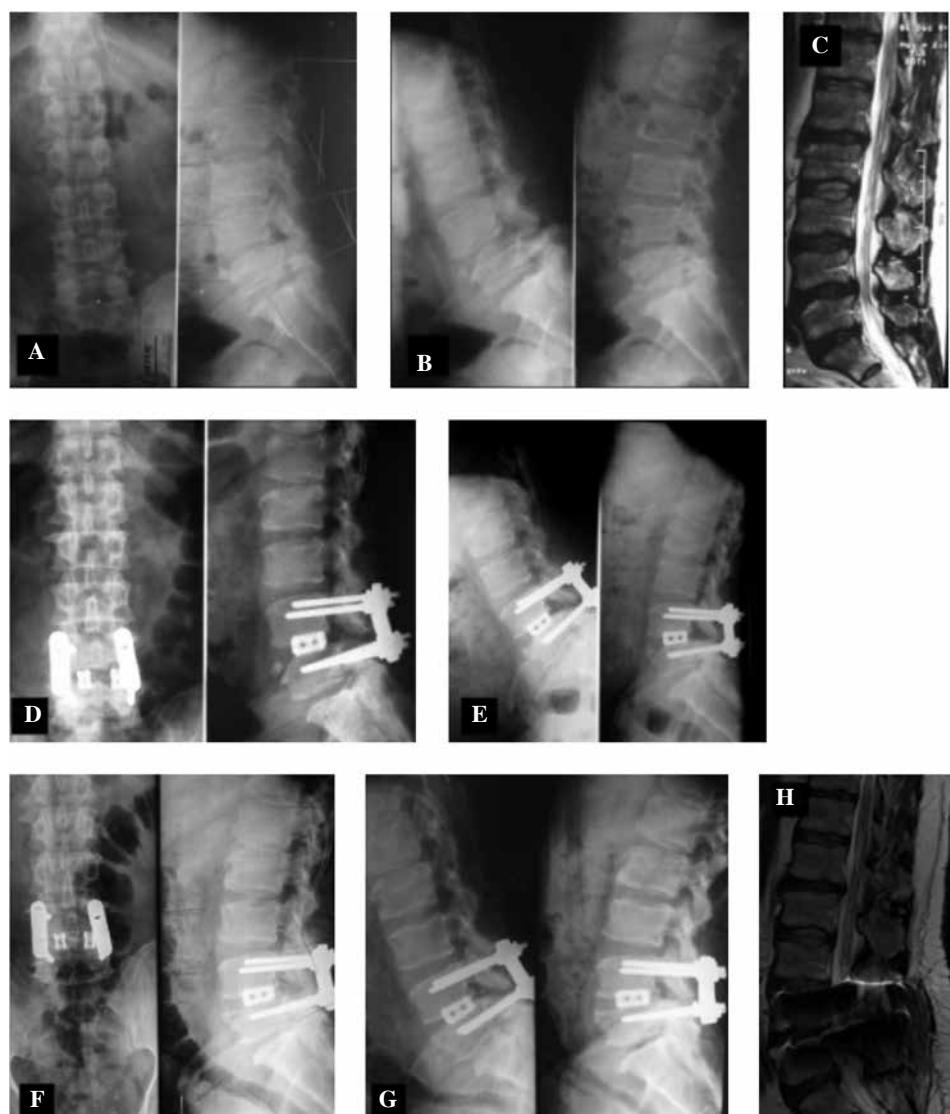


Figura 1. Caso 1. Paciente masculino de 47 años al momento de la cirugía índice. Actualmente con 69 meses de seguimiento. En A, B y C se muestran las radiografías y resonancia magnética nuclear en el preoperatorio; en D y E, las radiografías a los 6 meses de postoperatorio. En F, G y H, evolución del caso a 69 meses; el paciente se encuentra actualmente en protocolo de rehabilitación para evitar una segunda cirugía. Este caso no ha sido diagnosticado como enfermedad del segmento adyacente.

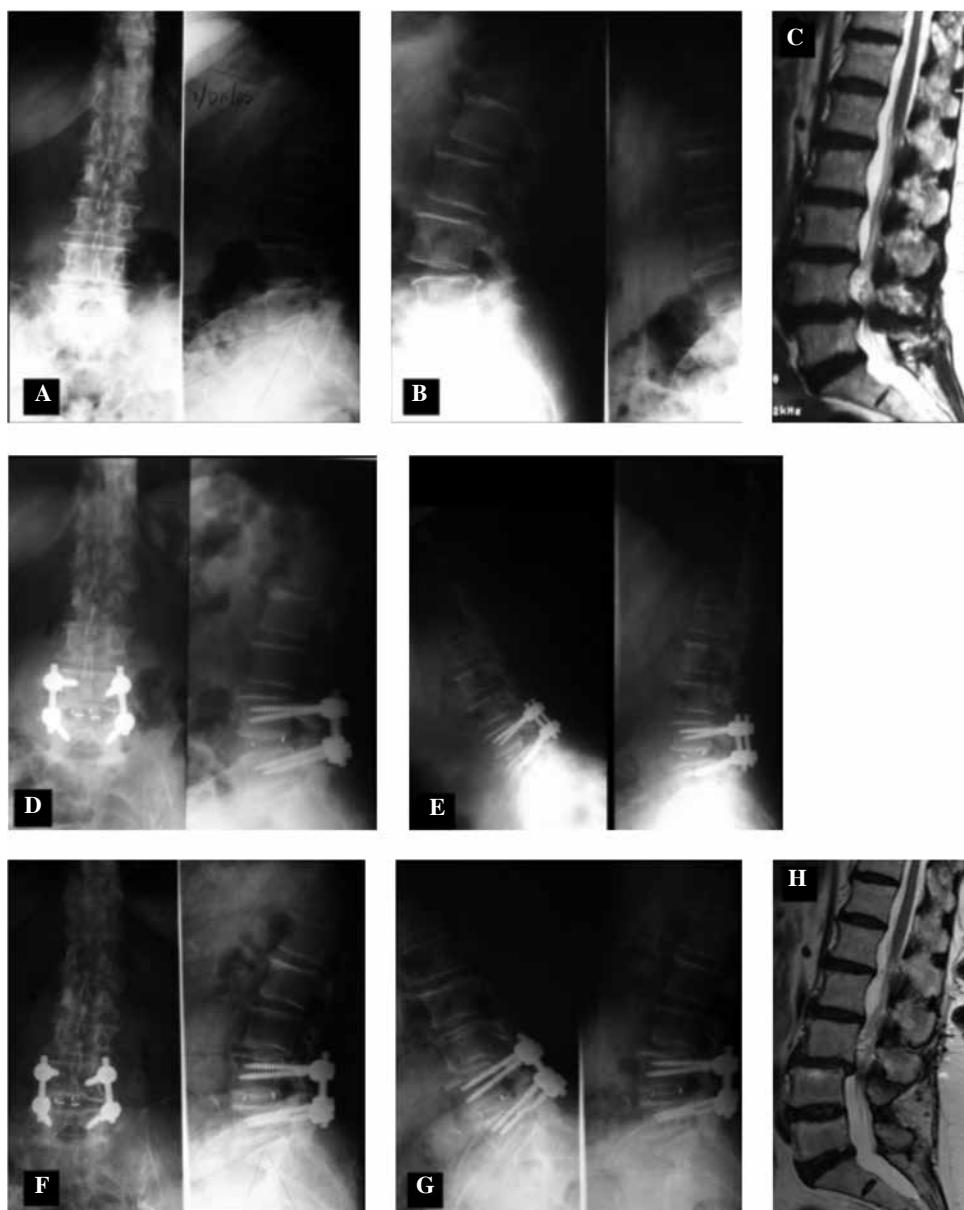


Figura 2.

Caso 8. Paciente femenino de 73 años al momento de la cirugía. Actualmente con seguimiento de 56 meses. En A, B y C podemos observar las imágenes previas a la cirugía índice. En D y E observamos las imágenes después de 6 meses de la cirugía índice. En F, G y H observamos la presencia de la DSS aunada a radiculopatía. Ella se encuentra en vísperas de un segundo procedimiento quirúrgico. Este es un caso de enfermedad del segmento adyacente.

de un estabilizador dinámico en el segmento suprayacente a una artrodesis. Este sistema utiliza tornillos transpediculares. Actualmente es prematuro determinar el éxito de este sistema, aun cuando sus resultados son alentadores. Ogawa³⁹ ha utilizado alambrado sublaminar amarrado a dos barras para proteger el segmento suprayacente sin mucho éxito. Korovessis,⁴⁰ en un seguimiento a 5 años, recomienda el uso del sistema Wallis para proteger el segmento suprayacente mientras éste se encuentre con una degeneración grados I y II de la UCLA.

Nuestro estudio considera aspectos importantes, que actúan como factores de riesgo para el desarrollo de la enfermedad del segmento suprayacente como la inclinación de la vértebra superior del SSY,⁴¹ la alineación del segmento artrodesado en el plano sagital⁴² y la relación de la columna lumbar con la pelvis.⁴³ Esto nos permitirá concluir adecuada-

mente la utilidad del sistema de estabilización dinámica propuesto. Por otro lado, no hemos considerado la afectación de las facetas articulares⁴⁴ y el complejo ligamentario posterior⁴⁵ para el desarrollo de la enfermedad del segmento suprayacente. Esto podría disminuir la validez de nuestros resultados.

Al seguimiento actual no es posible demostrar la utilidad de la estabilización dinámica mediante ligamentoplastía para evitar la enfermedad del segmento suprayacente.

Bibliografía

1. Unander Scharin L: A case of spondylolisthesis lumbalis aquisita. *Acta Orthop Scand.* 1950; 19: 536-44.
2. Anderson CE: Spondylolisthesis following spine fusion. *J Bone Joint Surg Am.* 1956; 38: 1142-6.
3. Frymoyer JW, Hanley EN, Howe J, Kuhlmann D, Matteri RE: A comparison of radiographic findings in fusion and nonfusion pa-

- tients ten or more years following lumbar disc surgery. *Spine*. 1979; 4: 435-40.
4. Lee CK, Langrana NA: Lumbosacral spinal fusion. A biomechanical study. *Spine*. 1984; 9: 574-81.
 5. Winooffer SL, Guyer RD, Herbert M, Griffith SL: Intradiscal pressure measurements above an instrumented fusion. *Spine*. 1995; 20: 526-31.
 6. Umehara S, Zindrick MR, Patwardhan AG, Havey RM, Vrbos LA, Knight GW, et al: The biomechanical effect of postoperative hypolordosis in instrumented lumbar fusion on instrumented and adjacent spinal segments. *Spine*. 2000; 25: 1617-24.
 7. Wai EK, Santos ERG, Morcom RA, Fraser RD: Magnetic resonance imaging 20 years after anterior lumbar interbody fusion. *Spine*. 2006; 31: 1952-6.
 8. Axelsson P, Jhonsson R, Strömquist B: Adjacent segment hypermobility after lumbar spine fusion: no association with progressive degeneration of the segment 5 years after surgery. *Acta Orthop*. 2007; 78: 834-9.
 9. Cakir B, Carazzo C, Schmidt R: Adjacent segment mobility after rigid and semi rigid instrumentation of the lumbar spine. *Spine*. 2009; 34: 1287-91.
 10. Miyakoshi N, Abe E, Shimada Y, Okumaya K, Suzuki T, Sako K: Outcome of one level posterior lumbar interbody fusion for spondylolisthesis and postoperative intervertebral disc degeneration adjacent to the fusion. *Spine*. 2000; 25: 1837-42.
 11. Ghiselli G, Wang JC, Hsu W, Dawson EG: L5-S1 segment survivorship and clinical outcome analysis after L4-L5 isolated fusion. *Spine*. 2003; 28: 1275-80.
 12. Etebar S, Cahill DW: Risk factors for adjacent-segment failure following lumbar fixation with rigid instrumentation for degenerative instability. *J Neurosurg*. 1999; 90 (2 suppl) 163-9.
 13. Cardoso MJ, Dmitriev AE, Helgeson M, Lehman RA, Kuklo TR, Rosner MK: Does superior-segment facet violation or laminectomy destabilize the adjacent level in lumbar transpedicular fixation? An *in vitro* human cadaveric assessment. *Spine*. 2008; 33: 2868-73.
 14. Lee CS, Hwang CJ, Lee SW, Ahn YJ, Kim YT, Lee DH, et al: Risk factors for adjacent segment disease after lumbar fusion. *Eur Spine J*. 2009; 18: 1637-43.
 15. Cheh G, Bridwell KH, Lenke LG, Buchowski JM, Daubs MD, Kim Y, et al: Adjacent segment disease following lumbar/thoracolumbar fusion with pedicle screw instrumentation: a minimum 5-year follow up. *Spine*. 2007; 32: 2253-7.
 16. Rao RD, David KS, Wang M: Biomechanical changes at adjacent segments following anterior lumbar interbody fusion using tapered cages. *Spine*. 2005; 30: 2772-6.
 17. Sengupta DK: Dynamic stabilization devices in the treatment of low back pain. *Orthop Clin North Am*. 2004; 35:43-56.
 18. Kanayama M, Hashimoto T, Shigenobu K, Oha F, Ishida T, Yamane S: Non-fusion surgery for degenerative spondylolisthesis using artificial ligament stabilization: surgical indication and clinical results. *Spine*. 2005; 30:588-92.
 19. Sénégas J, Vital JM, Pointillart V, Mangione P: Clinical evaluation of a lumbar interspinous dynamic stabilization device (the Wallis system) with a 13 year mean follow-up. *Neurosurg Rev*. 2009; 32: 335-41.
 20. Choi Y, Kim K, So K: Adjacent segment instability after treatment with a Graf ligament at minimum 8 years' follow up. *Clin Orthop Relat Res*. 2009; 467: 1740-6.
 21. Rahm MD, Hall BB: Adjacent-segment degeneration after lumbar fusion with instrumentation: a retrospective study. *J Spinal Disord*. 1996; 9: 392-400.
 22. Park P, Garton HJ, Gala VC, Hoff JT, McGillicuddy JE: Adjacent segment disease after lumbar or lumbosacral fusion: review of the literature. *Spine*. 2004; 29: 1938-44.
 23. Rosales LM, Contreras J, Miramontes VP, Alpizar A, Reyes AA: Desarrollo de enfermedad del segmento suprayacente en artrodesis circunferencial lumbar: cuatro años de seguimiento. *Columna/Columna*. 2006; 5: 7-14.
 24. Reyes AA, Villanueva P, Miramontes V, Rosales LM: Ligamento-plastia interespinal lumbar con corion para el tratamiento de inestabilidad vertebral. Reporte de 4 años de seguimiento. *Rev Mex Ortop Traumatol*. 1998; 12: 564-7.
 25. Miramontes V, Rosales LM, Reyes A: Tratamiento quirúrgico del conducto lumbar estrecho. *Rev Mex Ortop Traumatol*. 2002; 16: 70-5.
 26. Rosales LM, Alpizar A, Miramontes V, Zárate B, Reyes AA: Estabilización dinámica interespinal en disectomía lumbar. Seguimiento de cuatro años. *Cir Cir*. 2010; 78: 495-9.
 27. Schulte TL, Leistra F, Bullman V, Osada N, Vieth V, Marquandt B, et al: Disc height reduction in adjacent segments and clinical outcome 10 years after lumbar 360 degrees fusion. *Eur Spine J*. 2007; 16: 2152-8.
 28. Reyes A, Miramontes V, Rosales LM, Mercado M: Medición radiológica de los rangos de movilidad traslacional y angulatoria en sujetos sanos de nuestro medio. *Rev Mex Ortop Traumatol*. 1998; 12: 526-39.
 29. Iguchi T, Kanemura A, Kasahara K, Kurihara A, Doita M, Yoshiya S: Age distribution of three radiologic factors for lumbar instability: probable aging process of the instability with disc degeneration. *Spine*. 2003; 28: 2628-33.
 30. Pfirrmann CW, Metzdorf A, Zanetti M, Hodler J, Boos N: Magnetic resonance classification of lumbar intervertebral disc degeneration. *Spine*. 2001; 26: 1873-8.
 31. Vilagut G, Valderas JM, Ferrer M, Garfín O, López-García E, Alonso J: Interpretación de los cuestionarios de salud SF-36 y SF 12 en España: componentes físico y mental. *Med Clin (Barc)*. 2008; 130: 726-35.
 32. Kuntz KM, Snider RK, Weinstein JN, Pope MH, Katz JN: Cost-effectiveness of fusion with and without instrumentation for patients with degenerative spondylolisthesis and spinal stenosis. *Spine*. 2000; 25: 1132-9.
 33. Rosales LM, Ruiz A, Miramontes VP, Alpizar A, Reyes AA: Repercusión en la estabilidad del segmento suprayacente después de la fijación de la espondilolistesis. Estudio comparativo de dos sistemas. *Cir Cir*. 2006; 74: 27-35.
 34. Throckmorton TW, Hilibrand AS, Mencio GA, Hodge A, Spengler DM: The impact of adjacent level disc degeneration on health status outcomes following lumbar fusion. *Spine*. 2003; 28: 2546-50.
 35. Cheng BC, Gordon J, Cheng J, Welch WC: Immediate biomechanical effects of lumbar posterior dynamic stabilization above a circumferential fusion. *Spine*. 2007; 32: 2551-7.
 36. Putzier M, Hoff E, Tohtz S, Gross C, Perka C, Strube P: Dynamic stabilization adjacent to single level fusion: Part II. No clinical benefit for asymptomatic, initially degenerated adjacent segments after 6 years follow up. *Eur Spine J*. 2010; 19: 2181-9.
 37. Strube P, Tohtz S, Hoff E, Gross C, Perka C, Putzier M: Dynamic stabilization adjacent to single level fusion: Part I. Biomechanical effects on lumbar spinal motion. *Eur Spine J*. 2010; 19: 2171-80.
 38. 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: 2775-81.
 39. Ogawa H, Hori H, Oshita H, Akaike A, Koyama Y, Shimizu T, et al: Sublaminar wiring stabilization to prevent adjacent segment degeneration after lumbar spinal fusion. *Arch Orthop Trauma Surg*. 2009; 129: 873-8.
 40. Korovessis P, Repantis T, Zacharatos S, Zafiroopoulos A: Does Wallis implant reduce adjacent segment degeneration above lumbosacral instrumented fusion? *Eur Spine J*. 2009; 18: 830-40.
 41. Okuda S, Iwasaki M, Miyauchi A, Aono H, Morita M, Yamamoto T: Risk factors for adjacent segment degeneration after PLIF. *Spine*. 2009; 29: 1535-40.
 42. Min JH, Jang JS, Jung BJ, Lee HY, Choi WC, Shim CS, et al: The clinical characteristics and risk factors for the adjacent segment degeneration in instrumented lumbar fusion. *J Spinal Disord Tech*. 2008; 21: 305-9.
 43. Park JY, Cho YE, Kuh SU: New prognostic factors for adjacent-segment degeneration after one-stage 360 degrees fixation for spondylolytic spondylolisthesis: special reference to the usefulness of pelvic incidence angle. *J Neurosurg Spine*. 2007; 7: 139-44.
 44. Chen Z, Zhao J, Xu H, Liu A, Yuan J, Wang C: Technical factors related to the incidence of adjacent superior segment facet joint violation after transpedicular instrumentation in the lumbar spine. *Eur Spine J*. 2008; 17: 1476-80.
 45. Chen LH, Lai PL, Tai CL, Niu CC, Fu TS, Chen WJ: The effect of interspinous ligament integrity on adjacent segment instability after lumbar instrumentation and laminectomy – an experimental study in porcine model. *Biomed Mater Eng*. 2006; 16: 261-7.