

ARTRODESIS CIRCUNFERENCIAL. PLIF MÁS TORNILLOS TRANSLAMINOFACETARIOS

ARTRODESE CIRCUNFERENCIAL. PLIF MAIS PARAFUSOS TRANSLAMINARES FACETÁRIOS

CIRCUMFERENTIAL FUSION. POSTERIOR LUMBAR INTERBODY FUSION (PLIF) AND TRANSLAMINAR FACET SCREW FIXATION

JAVIER RICARDO MÉNDEZ¹, NICOLÁS FEDERICO MALDONADO¹, ENRIQUE GONZALO BOVIER¹

RESUMEN

Objetivo: Evaluar el resultado clínico y radiológico de 10 pacientes operados por patología degenerativa lumbar, en los que se les realizó artrodesis intersomática con injerto óseo tricortical de cresta ilíaca y artrodesis posterolateral instrumentada con tornillos translaminofacetarios. **Métodos:** Se evaluaron 10 pacientes, 4 hombres y 6 mujeres operados por el mismo cirujano entre junio de 2006 y diciembre de 2007. **Resultados:** Se obtuvo un significativo descenso de la discapacidad y del dolor (según las escalas de Oswestry y la escala visual analógica), obteniéndose una tasa de fusión del 100% al año de seguimiento. **Conclusiones:** Los resultados clínicos y radiológicos de este estudio establecen a éste procedimiento como confiable, de bajo costo y baja morbilidad, con una alta tasa de fusión y buenos resultados clínicos.

Descriptores: Fusión vertebral; Artrodesis; Tornillos óseos; Vértebras lumbares.

RESUMO

Objetivo: Avaliar o resultado clínico e radiológico de 10 pacientes operados devido a doença degenerativa lombar, nos quais se realizou artrodesse intersomática com enxerto ósseo tricortical da crista ilíaca e artrodesse póstero-lateral instrumentada com parafusos translaminares facetários. **Métodos:** Foram avaliados 10 pacientes, quatro homens e seis mulheres, operados pelo mesmo cirurgião entre junho de 2006 e dezembro de 2007. **Resultados:** Atingiu-se queda significativa da incapacidade e da dor (segundo a escala de Oswestry e a escala visual analógica), atingindo-se taxa de artrodesse de 100% em um ano de acompanhamento. **Conclusões:** Os resultados clínicos e radiológicos deste estudo estabelecem que este procedimento é confiável, de baixo custo e de baixa morbidade, com alta taxa de artrodesse e bons resultados clínicos.

Descritores: Fusão vertebral; Artrodesse; Parafusos ósseos; Vértebras lombares.

ABSTRACT

Objective: To evaluate the clinical and radiological results of 10 patients operated for degenerative lumbar disease, by performing tricortical bone graft from the iliac crest and instrumented posterior lateral fusion with translaminar facet screw fixation. **Methods:** We evaluated 10 patients, four men and six women, operated by the same surgeon between June 2006 and December 2007. **Results:** There was a significant reduction of disability and pain (according to the scale of Oswestry and visual analog scale), reaching fusion rate of 100% in one-year follow-up. **Conclusions:** The clinical and radiological results of this study establish that this procedure is reliable, has low cost and low morbidity with a high rate of fusion and good clinical results.

Keywords: Spinal fusion; Arthrodesis; Bone screws; Lumbar vertebrae.

INTRODUCCIÓN

La fusión intersomática es un procedimiento indicado en diferentes patologías que van desde lesiones traumáticas, a patología degenerativa pasando por las infecciones y las deformidades de columna.

Comúnmente se indica en pacientes con patología degenerativa discal y dolor lumbar mecánico luego del fracaso del tratamiento incruento y cuando se considera que este procedimiento podrá cambiar la historia natural de esta enfermedad.

Tradicionalmente la artrodesis posterolateral sin instrumentación ha sido el estándar para la fusión de la columna lumbar, reportándose buenos resultados entre un 16 a 95%,^{1,2} pseudoartrosis entre un 14 a un 70%, y reoperaciones en un 24%, con el agregado de la instrumentación con tornillos pediculares ha mejorado la tasa de consolidación sin evidenciarse un mejor resultado clínico.²⁻⁴

En pacientes con una sólida fusión posterolateral dolorosa, se ha comprobado micromovimiento residual en el espacio discal^{5,6} y hay re-

portes de curación del dolor residual luego de una fusión intersomática.⁷

El agregado de la fusión intersomática a una artrodesis posterolateral supone varias ventajas como: proporcionar una mayor superficie ósea para la consolidación, dar mayor estabilidad a nivel discal, un injerto sometido a fuerzas de compresión y no a fuerzas de distracción, soportar la columna anterior compartiendo carga con el implante, colaborar en la restauración del balance sagital, realizar una descompresión indirecta a nivel de los forámenes y eliminar la fuente de dolor representada por el disco.

La artrodesis intersomática se puede realizar por vía anterior o posterior con una variedad de técnicas, injertos e implantes.

El objetivo de este trabajo es evaluar el resultado clínico y radiológico de 10 pacientes operados por patología degenerativa lumbar en los que se les realizó artrodesis intersomática con injerto óseo tricortical de cresta ilíaca y artrodesis posterolateral instrumentada con tornillos translaminofacetarios.

1. Hospital Zonal General de Agudos Ricardo Gutiérrez, La Plata, Argentina.

Trabajo realizado en el Hospital Zonal General de Agudos Ricardo Gutiérrez, La Plata, Argentina.

Correspondencia: Calle 116 numero 318, entre 38 y 39, ciudad de La Plata, Provincia de Buenos Aires, Republica Argentina, código postal 1900. enriquebovier@hotmail.com. jrmoyt@hotmail.com

MATERIAL Y MÉTODOS

Los criterios de inclusión fueron los siguientes: Pacientes con patología degenerativa de columna lumbar hasta dos niveles con discos tipo b, c, ó d de la clasificación de Thalgott, sin respuesta al tratamiento médico por 6 meses, sin antecedente de patología tumoral ó infección, y con un seguimiento mínimo de 12 meses.

Este tratamiento consistió en la administración de AINES, corticoides, fisioterapia, reeducación postural, inmovilización transitoria con ortesis, ejercicios de flexibilidad y fortalecimiento y ejercicios aeróbicos.

Todos los pacientes fueron sometidos a una artrodesis intersomática por vía posterior (PLIF), con el agregado de una artrodesis posterolateral instrumentada con tornillos translaminofacetarios de 1 o 2 niveles según el caso.

Se utilizó la siguiente técnica quirúrgica: acceso posterior sobre línea media, identificación de articulaciones a fusionar, resección de ligamentos supraespinosos, interespinosos y amarillo, resección parcial unilateral de borde medial de faceta articular y borde inferior de lamina superior, liberación radicular, distracción, discectomía amplia, toma de injerto de cresta iliaca por la incisión original, moldeado de injerto a demanda, inserción de plif en espacio discal, colocación de drill (3,2mm) de forma percutánea y contralateral a la articulación a fusionar.

Se inicia la perforación sobre la unión de la lámina y la apófisis espinosa unos milímetros a proximal y dorsal para primer orificio, en dirección a articulación contralateral y de forma paralela a la lámina pasando entre las dos corticales de la misma.

Luego se progresa la mecha hasta la base de la apófisis transversa, de esta manera atravesando la articulación interfacetaria, luego se coloca el tornillo (cortical de 4,5 mm y de 50 mm aproximadamente de longitud), de ser necesario se puede pasar un macho de 4,5 mm si el hueso es muy denso y no permite el paso del tornillo.

El segundo tornillo se coloca de la misma forma con un punto de entrada más caudal y ventral para poder entrar en el espesor de la apófisis espinosa.

Se procede a la preparación del lecho para artrodesis posterolateral y colocación de injerto esponjoso de cresta iliaca combinado con hueso obtenido de la liberación así como colocación de drenaje aspirativo y cierre de la herida.

Se realizó un seguimiento mínimo de 1 año posoperatorio (entre 12 y 27 meses), los pacientes fueron evaluados antes de la cirugía, a los 3, 6 y 12 meses de operados, para estas evaluaciones se confeccionaron dos fichas una preoperatoria y otra posoperatoria, en la primera se consignaron los siguientes datos:

Datos filiatorios (edad, sexo, nombre, dirección y teléfono), motivo de consulta, duración de los síntomas, dolor lumbar (evaluado con escala visual analógica), dolor ciático (evaluado con escala visual analógica), presencia de trastornos sensitivos, motores y reflejos, grado de discapacidad (cuestionario de Oswestry), antecedentes de co-morbilidades, hallazgos patológicos en radiografías y RMN.

En la ficha posoperatoria se consignaron los siguientes datos: Presencia de síntomas, dolor lumbar, dolor ciático, presencia de trastornos motores o reflejos, trastornos sensitivos, discapacidad, presencia de evidencia radiográfica de fusión, vuelta a actividades laborales, grado de satisfacción del paciente, técnica quirúrgica utilizada, duración de cirugía, pérdida sanguínea, estadía hospitalaria, complicaciones y necesidad de reoperación.

RESULTADOS

Se evaluaron 10 pacientes, 4 hombres y 6 mujeres operados por el mismo cirujano entre junio de 2006 y diciembre de 2007, la duración de los síntomas previos al inicio del tratamiento fue de 9 meses.

Estos pacientes presentaban los siguientes diagnósticos: discopatías degenerativa (1 disco en 4 pacientes., 2 discos en 6 pacientes.), conducto estrecho lumbar (2 pacientes), inestabilidad (5 pacientes) y hernia discal agregada a procesos anteriores en 7 pacientes.

La edad media fue de 38,6 años (entre 28 y 56 años), estos pacientes presentaban como síntoma principal dolor lumbar mecánico

o lumbociatalgia en los pacientes con hernia discal agregada, que no cedió luego de un periodo de tratamiento incruento de 6 meses. Fueron implantados 10 plif de injerto óseo tricortical de cresta iliaca y una caja de peek, se colocaron 32 tornillos translaminofacetarios de acero quirúrgico.

El tiempo quirúrgico fue de 102 minutos en promedio con una pérdida sanguínea estimada en 400 ml., la estancia hospitalaria fue de 4.5 días en promedio, al año de seguimiento 60% de los pacientes expresaron estar muy satisfechos con el resultado del procedimiento y 40% solos satisfechos.

El 40% de los pacientes regreso al trabajo con tareas habituales, otro 40% con tareas livianas, un 10% con tareas pasivas y el 10% restante tuvo que cambiar de trabajo, con respecto a la necesidad de tomar analgésicos al año de seguimiento un 60% de los pacientes no requería analgésicos, un 30% los tomaba de forma esporádica y un 10% de forma diaria. En relación al dolor, este fue en promedio de 7,8 (EVA) en el preoperatorio y descendió a 3,8, 2,5 y 1 a los 3, 6 y 12 meses de seguimiento respectivamente. (Figura 1)

El grado de discapacidad según el score de Oswestry tuvo la siguiente evolución: en el preoperatorio fue de 66%, a los tres meses de 46%, a los 6 meses de 24% y finalmente al año de 10%. (Figura 2)

En la evaluación radiológica de esta serie de pacientes se constato la correcta colocación de los tornillos y de los plif en todos los casos, a los tres meses 3 plif presentaron un colapso de 2 mm y un paciente presento radiolucencia peritornillo como signo de aflojamiento de estos aunque asintomático.

La fusión radiológicamente evidente se constato en el 60% de los casos a los 6 meses y en el 40% al año de seguimiento (Figura 3), entendiéndose como consolidación la presencia de continuidad ósea entre los plif y los platillos adyacentes, no se registraron complicaciones en la colocación del instrumental, infecciones, complicaciones vasculares, pseudoartrosis o complicaciones neurológicas.

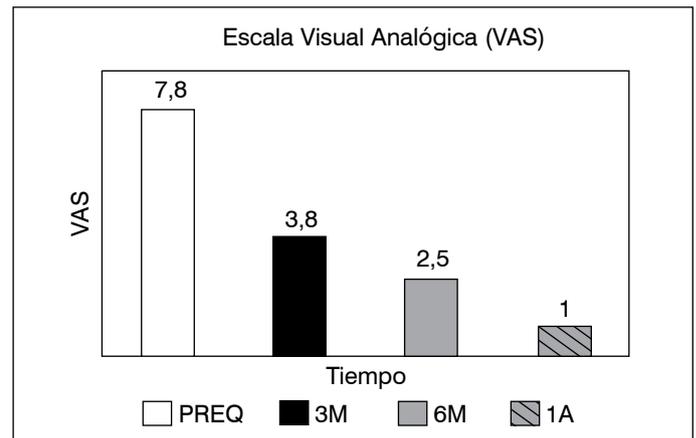


Figura 1. Promedio del dolor en la Escala Visual Analógica.

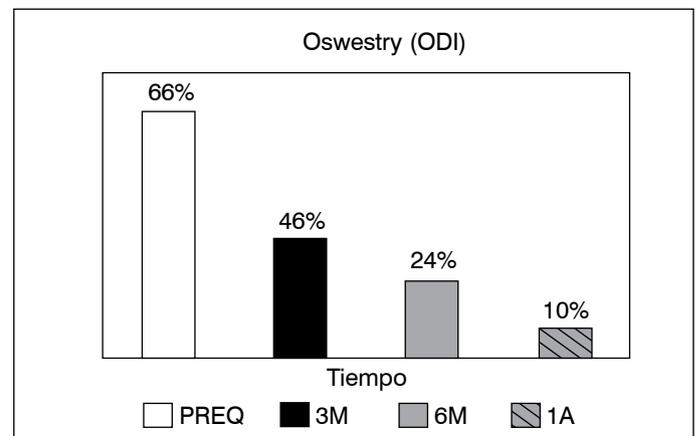


Figura 2. Porcentaje del grado de discapacidad de Oswestry.

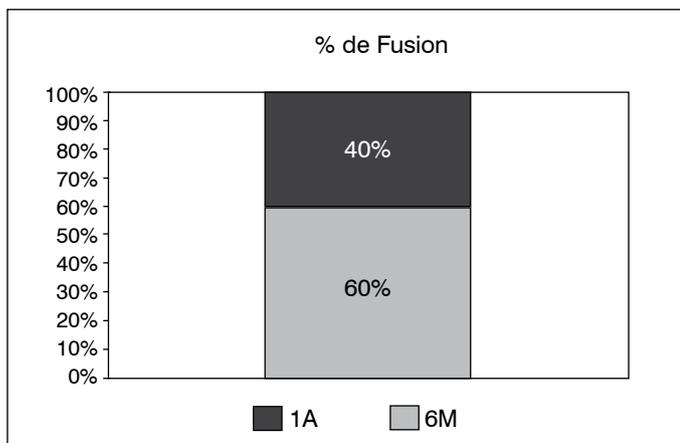


Figura 3. Porcentaje del grado de fusión.

DISCUSIÓN

La artrodesis de columna lumbar, con sus diferentes técnicas, es el método de tratamiento de las discopatías degenerativas por excelencia, el agregado de instrumentación aumenta la tasa de consolidación siendo los tornillos pediculares los más utilizados actualmente.

El agregado de un soporte anterior (Plif, Alif o Tlif) ha mejorado los resultados aun más, todos estos métodos también aumentan el costo del procedimiento, el tiempo quirúrgico y la tasa de complicaciones.

El objetivo de este trabajo es evaluar los resultados de una artrodesis circunferencial por vía posterior instrumentada con tornillos transaminofacetarios y plif óseos (tricortical de cresta iliaca) en la búsqueda de un procedimiento menos cruento y con menos costos.

El uso de fijación de las articulaciones facetarias como método de fijación interna en artrodesis de la columna lumbar fue descrito por primera vez por King⁸ en 1949. King usaba tornillos cortos atravesando la articulación facetaria, en su trabajo sobre 44 pacientes reporta 91% de fusión.

En 1959 Boucher⁹ realiza una modificación a la técnica descrita por King, usando tornillos más largos para fijar las articulaciones interfacetarias, extendiendo la fijación hacia el pedículo con el objetivo de mejorar el anclaje de los tornillos, con esta técnica obtiene una tasa de 100% de fusión.

La técnica actual es la preconizada por Magerl¹⁰ en 1986, en la cual utiliza tornillos aun más largos colocados desde contralateral y atravesando la lamina en su sustancia entre la cortical anterior y posterior para luego sí fijar la articulación interfacetaria, de esta manera obtiene más anclaje.

Existen principalmente dos situaciones en las que los tornillos transaminofacetarios son utilizados, primero como método único de fijación en una artrodesis posterolateral de columna lumbar y segundo como suplementación de una artrodesis intersomática para obtener una fusión de 270 o 360 grados.

Con respecto al uso de tornillos transaminofacetarios como suplementación de otro procedimiento existen numerosas publicaciones, se han utilizado principalmente como suplementación de artrodesis intersomática por vía anterior (ALIF), a continuación se mencionan artículos sobre el tema tanto clínicos como biomecánicos.

Rathowy et al.¹¹ realizan en 1998 un estudio biomecánico en 6 columnas cadavéricas, realizando pruebas en flexión, extensión, inclinaciones laterales y rotación axial. Evalúan la movilidad de la columna intacta, estabilizada solo con dos cajas BAK por vía anterior, solo con tornillos transaminofacetarios y la combinación de estos dos últimos (2 cajas BAK por vía anterior mas transaminofacetarios).

Llegan a la conclusión que las cajas BAK como única fijación tienen un buen desempeño en flexión y lateralizaciones a derecha e izquierda pero con fijación deficiente en extensión y rotaciones axiales, también concluyen que con el agregado de tornillos transaminofacetarios estos dos últimos parámetros mejoraron de forma significativa (extensión y rotación), otro dato de importancia en que

los tornillos tlf solos estabilizaban mejor que las cajas solas sobre todo en extensión y rotación.

Oxland y Lund¹² en el año 2000 realizan una revisión bibliográfica sobre el tema, todas las cajas tienen un buen desempeño en flexión y mal desempeño en extensión, concluyen también que la suplementación posterior tanto con tornillos pediculares como con tornillos tlf mejora la estabilidad en todas direcciones

En un estudio biomecánico mas reciente Phillips et al.¹³ aborda el estudio de las fijaciones con cajas por vía anterior suplementadas con fijación posterior con tornillos trans laminofacetarios.

Los resultados de este trabajo demuestran que la fijación con las cajas anteriores de forma aislada presentan un comportamiento no constante en diferentes condiciones de precarga, parecen ser menos estable en extensión durante actividades con baja precarga en la columna, la suplementación con tlf aumenta estabilidad en estas situaciones donde la caja no es tan efectiva.

Beaubien et al.¹⁴ en su estudio de 2004 realiza una comparación biomecánica del desempeño de diferentes fijaciones posteriores, en las estabilizaciones anteriores con cajas intersomáticas.

Los tornillos tlf y facetarios tienen la misma estabilidad que los tornillos pediculares en combinación con cajas intersomáticas por vía anterior, de esta manera queda establecido que la fijación posterior con tornillos tlf es una buena alternativa a los tornillos pediculares.

En otro estudio biomecánico que compara diferentes métodos de fijación posterior en artrodesis de 360 grados, Burton et al.¹⁵ compara el desempeño de las cajas anteriores suplementadas con tornillos pediculares unilaterales, con tornillos pediculares bilaterales con dtf y con los tornillos transaminofacetarios.

Los tornillos pediculares unilaterales tuvieron un desempeño inferior y solo igualaron a los otros métodos en carga axial, los tornillos pediculares bilaterales y los tornillos tlf tuvieron igual desempeño aunque los tlf fueron superiores en flexoextensión.

Con respecto a los resultados clínicos de las fijaciones posteriores como suplementación de una artrodesis intersomática por vía anterior, se pueden citar algunos artículos.

El trabajo publicado por Thalgott y et al.¹⁶ en el año 2000 presenta los resultados clínicos de la artrodesis de 360 grados en donde el tiempo anterior fue realizado por vía laparoscópica y la fijación posterior se realizo con tornillos transaminofacetarios.

A los 24 meses de seguimiento alcanzo 93% fusiones con un 75% de excelentes o buenos resultados, otro artículo interesante es el publicado por Chistensen et al.¹⁷ en 2002, es un estudio prospectivo y randomizado, donde compara los resultados obtenidos en 148 pacientes divididos en dos grupos, a los pacientes del primer grupo se le realizo una artrodesis posterolateral instrumentada y a los del segundo una artrodesis de 360 grados con alif e instrumentación posterior con tornillos pediculares o tornillos transaminofacetarios.

El autor llega a las siguientes conclusiones luego de seguimiento de dos años: El grupo de artrodesis circunferencial restaura la lordosis mejor y se mantiene en el tiempo. Este grupo (circunferencial) llega a la consolidación de la artrodesis en un 92% (Grupo de posterolateral solo 80%), tiene menor incidencia de reoperaciones, tiene una tendencia a mejores resultados en scores funcionales y menor pico de lumbalgia y ciática que grupo de artrodesis posterolateral.

También este grupo tiene más complicaciones, de los 73 pacientes con artrodesis circunferencial, a 17 se los fijo con tornillos transaminofacetarios y no se registraron diferencias significativas con los resultados obtenidos con los tornillos pediculares.

En el trabajo de la Best y Sasso¹⁸ publicado recientemente se comparan los resultados clínicos de dos grupos de pacientes con artrodesis circunferencial en los que la fijación se realizo con tornillos pediculares y con tornillos transaminofacetarios, se evaluó principalmente la tasa de reoperaciones luego de dos años de seguimiento con los siguientes resultados: 67 pacientes evaluados.

En 43 se realizo Alif + tlf y en 24 Alif + tp, encontró una menor tasa de reoperación (4.7%) en el grupo tlf vs (37.5%) tp, una menor incidencia de pseudoartrosis: 2.3% tlf vs 4.2% tp y una menor perdida sanguínea y menor tiempo operatorio con una similar satisfacción reportada por los pacientes.

Concluye en su trabajo que este método de fijación posterior en una artrodesis circunferencial es tan válida y en algunos aspectos mejor que la obtenida con tornillos pediculares, luego de la lectura y evaluación de estos artículos surgen las siguientes conclusiones: Las cajas (alif) solas tienen mal desempeño biomecánico en extensión y rotación, estos parámetros mejoran significativamente con la estabilización con tlf, el desempeño biomecánico es similar entre tlf y tornillos pediculares en artrodesis circunferencial y los resultados de los estudios clínicos nos hablan de buenos resultados tanto con tornillos pediculares como con tornillos translaminofacetarios.

Con respecto a la utilización de tornillos translaminofacetarios como estabilización de una artrodesis circunferencial realizada por vía posterior (plif) el autor solo encontró un reporte publicado por Stonecipher y Stanford¹⁹ en 1989, donde comenta los resultados clínicos obtenidos con la realización de fusión intersomática por vía posterior y fijación con tornillos transfacetarios.

En su experiencia con 35 pacientes con fusión de 1 ó 2 niveles, con liberación amplia y conservación de parte de apófisis articulares reporta 100% de fusiones entre los 6 y 18 meses de seguimiento, este autor utiliza injertos corticoesponjosos como fijación intersomática y tornillos de 3.2 para las facetes difiriendo de lo utilizado en este trabajo donde se utilizaron injertos tricorticales de cresta iliaca y tornillos de 4.5mm.

Los resultados obtenidos en esta serie de pacientes revelan que es un procedimiento con un tiempo quirúrgico razonable (102 min) para una artrodesis circunferencial, con una pérdida sanguínea mínima (400 ml) y con un grado de satisfacción del paciente muy bueno ya que al año el 60% de los pacientes se encontraban muy satisfechos y el 40% satisfechos.

El regreso al trabajo habitual fue del 80% (40% con tareas nor-

males y 40% con tareas livianas), al año el 60% de los pacientes no tomaban analgésicos, el 30% solo lo hacían de forma esporádica y solo el 10% de forma habitual.

Con respecto al dolor, este se redujo significativamente ya que en el preoperatorio fue de 7.8 (EVA) y al año fue solo de 1 (EVA) demostrando una constante reducción durante el seguimiento, otro parámetro que se redujo significativamente durante el seguimiento fue el score de Oswestry (ODI), este en el preoperatorio fue de 66% y al año de 10% demostrando un aumento con la calidad de vida de los pacientes en sus actividades habituales.

La consolidación se consiguió en el 100% de los casos entre los 6 meses y el año de seguimiento, no se registraron complicaciones significativas, solo el colapso de tres plif y un aflojamiento de tornillos que no requirieron reoperación ya que la fusión fue del 100%.

CONCLUSIONES

La artrodesis es el gold estándar en el tratamiento de discopatías degenerativas, la artrodesis circunferencial mejora los resultados clínico-radiológicos. La fijación posterior de esta artrodesis 360° es factible con tornillos translaminofacetarios. La liberación necesaria para la colocación de Plif deja suficiente stock óseo para la colocación de los tornillos tlf, los resultados clínicos y radiológicos de este estudio lo establecen como un procedimiento confiable, de bajo costo y baja morbilidad, con una alta tasa de fusión y buenos resultados clínicos.

Todos los autores declaran no existir ningún potencial conflicto de intereses referente a este artículo.

REFERENCIA

- Chitnavis B, Barbagallo G, Selway R, Dardis R, Hussain A, Gullan R. Posterior lumbar interbody fusion for revision disc surgery: review of 50 cases in which carbon fiber cages were implanted. *J Neurosurg.* 2001;95(Suppl 2):190-5.
- Parker LM, Murrell SE, Boden SD, Horton WC. The outcome of posterolateral fusion in highly selected patients with discogenic low back pain. *Spine (Phila Pa 1976).* 1996;21(16):1909-16.
- Herkowitz HN, Sidhu KS. Lumbar spine fusion in the treatment of degenerative conditions: current indications and recommendations. *J Am Acad Orthop Surg.* 1995;3(3):123-35.
- Wood GW 2nd, Boyd RJ, Carothers TA, Mansfield FL, Rehtine GR, Rozen MJ, et al. The effect of pedicle screw/plate fixation on lumbar/lumbosacral autogenous bone graft fusions in patients with degenerative disc disease. *Spine (Phila Pa 1976).* 1995;20(7):819-30.
- Park WM, McCall IW, O'Brien JP, Webb JK. Fissuring of the posterior annulus fibrosus in the lumbar spine. *Br J Radiol.* 1979;52(617):382-7.
- Wetzel FT, LaRocca H. The failed posterior lumbar interbody fusion. *Spine (Phila Pa 1976).* 1991;16(7):839-45.
- Weatherley CR, Prickett CF, O'Brien JP. Discogenic pain persisting despite solid posterior fusion. *J Bone Joint Surg Br.* 1986;68(1):142-3.
- King D. Internal fixation for lumbosacral fusion. *J Bone Joint Surg Am.* 1948;30(3):560-5.
- Boucher HH. A method of spinal fusion. *J Bone Joint Surg Br.* 1959;41(2):248-59.
- Magerl FP. Translaminar facet screws. In: *AO Spine course, Davos, Switzerland, 1986.*
- Rathonyi GC, Oxland TR, Gerich U, Grassmann S, Nolte LP. The role of supplemental translaminar screws in anterior lumbar interbody fixation: a biomechanical study. *Eur Spine J.* 1998;7(5):400-7.
- Oxland TR, Lund T. Biomechanics of stand-alone cages and cages in combination with posterior fixation: a literature review. *Eur Spine J.* 2000;9(Suppl 1):S95-101.
- Phillips FM, Cunningham B, Carandang G, Ghanayem AJ, Voronov L, Havey RM, et al. Effect of supplemental translaminar facet screw fixation on the stability of stand-alone anterior lumbar interbody fusion cages under physiologic compressive preloads. *Spine (Phila Pa 1976).* 2004;29(16):1731-6.
- Beaubien BP, Mehdod AA, Kallemeier PM, Lew WD, Buttermann GR, Transfeldt EE, et al. Posterior augmentation of an anterior lumbar interbody fusion: minimally invasive fixation versus pedicle screws in vitro. *Spine (Phila Pa 1976).* 2004;29(19):E406-12.
- Burton D, McIlff T, Fox T, Lark R, Asher MA, Glattes RC. Biomechanical analysis of posterior fixation techniques in a 360 degrees arthrodesis model. *Spine (Phila Pa 1976).* 2005;30(24):2765-71.
- Thalgott JS, Chin AK, Ameriks JA, Jordan FT, Giuffre JM, Fritts K, et al. Minimally invasive 360 degrees instrumented lumbar fusion. *Eur Spine J.* 2000;9(Suppl 1):S51-6.
- Christensen FB, Hansen ES, Eiskjaer SP, Høy K, Helmig P, Neumann P, et al. Circumferential lumbar spinal fusion with Brantigan cage versus posterolateral fusion with titanium Cotrel-Dubousset instrumentation: a prospective, randomized clinical study of 146 patients. *Spine (Phila Pa 1976).* 2002;27(23):2674-83.
- Best NM, Sasso RC. Efficacy of translaminar facet screw fixation in circumferential interbody fusions as compared to pedicle screw fixation. *J Spinal Disord Tech.* 2006;19(2):98-103.
- Stonecipher T, Wright S. Posterior lumbar interbody fusion with facet-screw fixation. *Spine (Phila Pa 1976).* 1989;14(4):468-71.