

Original Article

# Atrofia paraespinal postoperatoria. ¿El abordaje importa? Post-op paraspinial atrophy: Does the approach matter?

Alfredo Guiroy<sup>1,5</sup>, Federico Landriel<sup>2</sup>, Carlos Zanardi<sup>3</sup>, Federico Fernández Molina<sup>4</sup>, Martín Gagliardi<sup>5</sup>, Alejandro Morales Ciancio<sup>1</sup>, Santiago Hem<sup>2</sup>, Nelson Picard<sup>3</sup>

<sup>1</sup>Unidad de Patología Espinal - Hospital Español de Mendoza – Argentina, <sup>2</sup>División Neurocirugía - Hospital Italiano de Buenos Aires – Argentina, <sup>3</sup>Clínica “La Pequeña Familia” - Junín, Buenos Aires – Argentina, <sup>4</sup>Instituto de Neurocirugía, columna y dolor (INECOD) - La Plata – Argentina, <sup>5</sup>División Neurocirugía, Hospital de Clínicas “José de San Martín” - Buenos Aires - Argentina

E-mail: \*Alfredo Guiroy - [alfreguiroy@gmail.com](mailto:alfreguiroy@gmail.com); Federico Landriel - [federico.landriel@hospitalitaliano.org.ar](mailto:federico.landriel@hospitalitaliano.org.ar); Carlos Zanardi - [drcarloszanardi@gmail.com](mailto:drcarloszanardi@gmail.com); Federico Fernández Molina - [federicofernandezmolina@gmail.com](mailto:federicofernandezmolina@gmail.com); Martín Gagliardi - [martingagliardi.32@gmail.com](mailto:martingagliardi.32@gmail.com); Alejandro Morales Ciancio - [ale.moralesc@gmail.com](mailto:ale.moralesc@gmail.com); Santiago Hem - [santiago.hem@hospitalitaliano.org.ar](mailto:santiago.hem@hospitalitaliano.org.ar); Nelson Picard - [napicard@yahoo.com](mailto:napicard@yahoo.com)

\*Correspondence author

Received: 12 September 18    Accepted: 25 September 18    Published: 26 November 18

## Abstract

**Objective:** To compare the level of post-op muscle atrophy related to the different approaches used in segmental lumbar fusion for degenerative disease (midline vs. Wiltse vs. MIS TLIF).

**Materials and Methods:** An observational, cross sectional, multicenter, descriptive and retrospective study was performed including a series of patients undergoing surgery for lumbar degenerative disease. We analyzed 45 patients (24 females), with a mean age of 58.7 years, undergoing surgery in 5 surgical centers between 2015 and 2018. A one-level instrumented fusion, from L3 to S1 was performed (7 cases L3-L4, 25 cases L4-L5 and 13 cases L5-S1). In 15 cases, a midline approach was used; in 15, a Wiltse approach was used, and in 15 cases, an MIS TLIF approach was used. All the patients were studied preoperatively and for at least 6 months after surgery (mean follow-up 14.6 months) with magnetic resonance imaging. The images were analyzed by three specialists in spine surgery. Two variables were considered to compare the level of atrophy before and after surgery: cross-sectional area (CSA) of the multifidus muscle (MM) and spinal erector muscles (SEM) and the fat infiltration level (FI) using the Kjaer visual classification. The analyses were conducted using the RStudio (1.1.383 version) statistical software, and the P values obtained were compared using the Wilcoxon rank-sum test.

**Results:** No significant differences were found between the approaches in terms of MM atrophy. The comparison of P for CSA and the SEM evidenced differences between MIS TLIF versus midline (P = 0.018) and midline versus Wiltse (P = 0.027).

**Conclusion:** The minimally invasive approaches used for decompression and lumbar monosegmental arthrodesis had more impact on the EMs than on the

**Access this article online**

**Website:**

[www.surgicalneurologyint.com](http://www.surgicalneurologyint.com)

**DOI:**

10.4103/sni.sni\_310\_18

**Quick Response Code:**



This is an open access journal, and articles are distributed under the terms of the Creative Commons Attribution-NonCommercial-ShareAlike 4.0 License, which allows others to remix, tweak, and build upon the work non-commercially, as long as appropriate credit is given and the new creations are licensed under the identical terms.

**For reprints contact:** [reprints@medknow.com](mailto:reprints@medknow.com)

**How to cite this article:** Guiroy A, Landriel F, Zanardi C, Molina FF, Gagliardi M, Ciancio AM, et al. Atrofia paraespinal postoperatoria. ¿El abordaje importa? Surg Neurol Int 2018;9:S91-6.

<http://surgicalneurologyint.com/Atrofia-paraespinal-postoperatoria.-¿El-abordaje-importa/>

MM. Randomized controlled trials might be useful to validate the results of this investigation.

**Key Words:** Lumbar spinal stenosis, minimally invasive spine, muscle atrophy, muscle damage, spine surgery

---

## Resumen

**Objetivo:** comparar la magnitud de la atrofia muscular postoperatoria que producen tres abordajes en fusiones lumbares segmentarias para patología degenerativa. (línea media vs Wiltse vs MIS TLIF).

**Material y métodos:** se realizó un estudio observacional, transversal, multicéntrico, descriptivo y retrospectivo de una serie de pacientes operados por patología degenerativa lumbar. Analizamos 45 pacientes (24 mujeres), con una edad media de 58.7 años, operados en 5 centros quirúrgicos entre 2015 y 2018. Se realizó una fusión instrumentada de un nivel, desde L3 hasta S1 (7 casos L3-L4, 25 casos L4-L5 y 13 casos L5-S1). 15 casos fueron realizados por abordajes por línea media, 15 por abordaje de Wiltse y 15 MIS TLIF. Todos fueron estudiados con Resonancia Magnética preoperatoria y con un mínimo de 6 meses luego de la cirugía (media de 14.6 meses). Estas fueron analizadas por 3 observadores especialistas en cirugía de columna. Se tomaron 2 variables para comparar el grado de atrofia entre pre y postoperatorio: área de sección transversal (AST) de músculo multifidus (MM) y erectores espinales (EE) y grado de infiltración grasa (IG) mediante la clasificación visual de Kjaer. Los análisis realizados fueron ejecutados utilizando el programa estadístico RStudio (versión 1.1.383) y se compararon valores de P obtenidos mediante la suma de rangos de Wilcoxon.

**Resultados:** no se encontraron diferencias significativas entre los distintos abordajes en relación a la atrofia del MM. La comparación de P para AST de los EE mostró diferencias entre MIS TLIF vs línea media ( $P 0.018$ ) y de línea media vs Wiltse ( $P 0.027$ ).

**Conclusión:** los abordajes mínimamente invasivos utilizados para descompresión y artrodesis monosegmentaria lumbar tuvieron más impacto sobre la atrofia muscular en los EE que en MM. Estudios randomizados y controlados serían de utilidad para validar los resultados de este trabajo.

**Palabras clave:** Atrofia muscular, cirugía espinal, cirugía espinal mínimamente invasiva, daño muscular, estenosis espinal lumbar

---

## INTRODUCCIÓN

La atrofia de la musculatura extensora espinal lumbar ha sido relacionada con lumbalgia, radiculopatías, escoliosis del adolescente y del adulto.<sup>[5,6,9-12]</sup>

El desarrollo progresivo y la disponibilidad de implantes ha permitido abordajes más complejos a la columna y el tratamiento de deformidades con mayor posibilidad de mejores resultados. Por otro lado, la exposición necesaria para la colocación de estos implantes puede llevar a una mayor tasa de complicaciones, entre ellas la atrofia muscular, sea por lesión directa por compresión o tracción, sea por denervación.

Asumiendo que cierto grado de atrofia es esperable luego de las cirugías de artrodesis instrumentadas,<sup>[4,5]</sup> el objetivo de este trabajo es comparar la magnitud de la atrofia muscular

postoperatoria que producen tres abordajes usualmente empleados en fusiones lumbares segmentarias para patología degenerativa. (línea media vs Wiltse vs percutáneo).

## MATERIAL Y MÉTODOS

Se realizó un estudio observacional, transversal, multicéntrico, descriptivo y retrospectivo de una serie de pacientes operados por patología degenerativa lumbar.

Las patologías tratadas fueron: canal estrecho lumbar, espondilolistesis degenerativas, quistes artrosinoviales y espondilolistesis líticas con estenosis.

Se analizaron 45 pacientes (24 mujeres), con una edad media de 58.7 años. Los pacientes fueron operados en 5 centros quirúrgicos entre 2015 y 2018. Se obtuvo el

índice de masa corporal (IMC) en todos los pacientes en el preoperatorio, con una media de 24.8.

En todos los casos se realizó una fusión instrumentada de un nivel, desde L3 hasta S1 (7 casos L3-L4, 25 casos L4-L5 y 13 casos L5-S1). 15 casos fueron realizados por abordajes de línea media, 15 por abordaje posterolateral tipo Wiltse y 15 por abordaje tipo MIS TLIF. [Ver Tablas 1 y 2].

Todos los pacientes fueron estudiados con Resonancia Magnética de 1.5 Tesla pre y postoperatoriamente (con un mínimo de 6 meses luego de la cirugía y una media de seguimiento de 14.6 meses). Las imágenes fueron analizadas por 3 observadores especialistas en cirugía de columna (AG, FL, FFM).

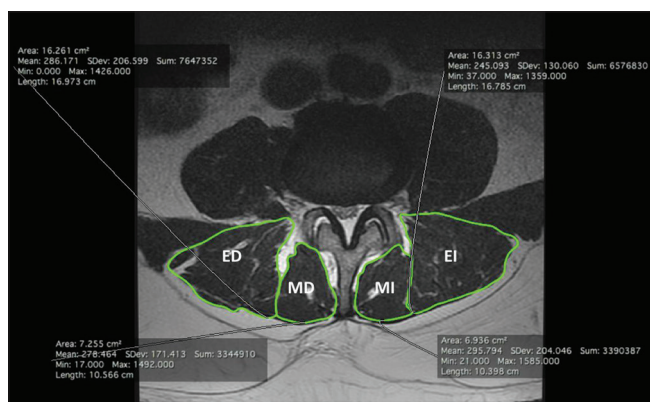
Se tomaron 2 variables para comparar el grado de atrofia: el cambio del área muscular en el postoperatorio, y el cambio en el grado de infiltración grasa utilizando la clasificación visual de Kjaer *et al.*<sup>[8]</sup>

Se utilizó el software Horos v2.2.0 para realizar las mediciones de área, utilizando la secuencia T2 axial a la altura de los discos L3-4, L4-5 y L5-S1. El dibujo de cada grupo muscular se realizó mediante el trazado de un polígono sobre los bordes externos de cada músculo. El número de puntos que formaron el polígono dependió del tamaño y forma de cada músculo, pero fue en promedio de entre 25–40 puntos. Así se obtuvieron: área de sección transversal (AST) de los músculos multifidus y erectores espinales (longissimus + iliocostalis). [Ver Figura 1].

El grado de infiltración grasa (IG) del músculo se obtuvo mediante la clasificación visual de Kjaer que divide a los músculos paraespinales en 3 grados de infiltración grasa (leve: menos del 10%, moderada 10-50% y severa más del 50%). Ver Figura 2.

### Descripción de las técnicas utilizadas en cada abordaje

Los abordajes por línea media fueron realizados mediante una incisión cutánea medial, con una disección subperióstica muscular de medial a lateral.



**Figura 1: Método utilizado para medición de área de sección transversal. MI: Multifidus izquierdo, MD: Multifidus derecho, EI: Erectores izquierdos, ED: Erectores derechos**

Los abordajes de Wiltse fueron llevados a cabo mediante incisiones paramedianas bilaterales en piel y disección roma por el plano intermuscular entre el músculo multifidus y longissimus.

Los abordajes de MIS TLIF consistieron en una incisión paramedial para la facetectomía y colocación de la caja intersomática transtubular seguida de una instrumentación ipsilateral y dos incisiones paramediales contralaterales para los tornillos percutáneos restantes.

### Análisis estadístico

Los análisis realizados fueron ejecutados utilizando el programa estadístico RStudio (versión 1.1.383). Los gráficos fueron realizados con el paquete ggplot2.

Los datos demográficos: edad, índice de masa corporal, y el tiempo de seguimiento de los pacientes fueron analizados con media, mediana, error estándar de la media (SEM), intervalo de confianza de la media, varianza, desviación estándar y coeficiente de variación. La muestra cumplía los supuestos de homogeneidad de varianzas ( $P < 0.05$ ). Ver Tabla 1.

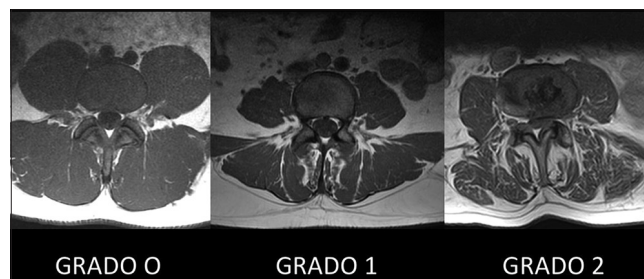
Según el test de Shapiro-Wilk se determinó que los datos no provenían de una población normal (distribución no Gaussiana) por lo cual se decidió realizar las comparaciones entre preoperatorio y postoperatorio de las áreas de sección transversal y de infiltración grasa utilizando el test no paramétrico de Wilcoxon. Ver Tabla 2.

### Evaluación de Áreas de Sección Transversal

Se evaluó AST en los músculos multifidus y erectores espinales (longissimus + iliocostalis) en cada tipo de abordaje, obteniéndose: media, mediana, error estándar de la media, intervalo de confianza de la media (95%), varianza, desvío estándar y coeficiente de variación.

Se compararon las AST de los distintos grupos musculares mediante la suma de rangos de Wilcoxon según su valor de  $p$ . (percutáneo vs línea media; línea media vs Wiltse y percutáneo vs Wiltse) [Ver Figura 3].

Se obtuvieron datos de los dos grupos musculares juntos (multifidus + erectores) y se compararon según los distintos abordajes, obteniéndose: mediana, media, error estándar, intervalo de confianza de



**Figura 2: Escala de Kjaer utilizada para definir grado de infiltración grasa utilizando los cortes axiales de RMN en ponderación T1**

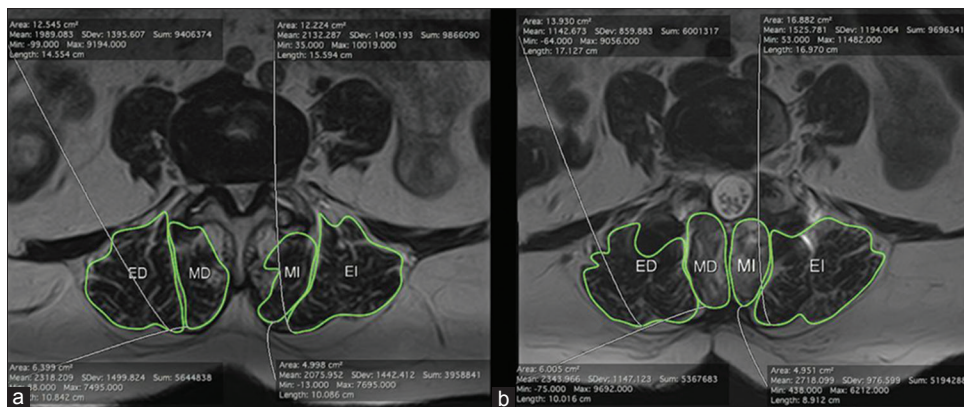


Figura 3: Caso ejemplo de estenosis central tratado por abordaje de línea media. Obsérvese el cambio en valores absolutos de AST entre pre (a) y postoperatorio (b)

Tabla 1: Datos demográficos de los pacientes involucrados en el estudio incluyendo los tres abordajes utilizados

| Parámetro                          | Todas las técnicas |            |               |
|------------------------------------|--------------------|------------|---------------|
|                                    | Edad (Años)        | IMC        | Control Meses |
| Rango                              | (25-84)            | (19-37)    | (6-39)        |
| Mediana                            | 60                 | 24,20      | 13            |
| Media                              | 58,79              | 24,89      | 14,64         |
| Error estándar media (SEM)         | 1,95               | 0,56       | 1,05          |
| Intervalo de confianza de la media | 58,79±3,94         | 24,89±1,13 | 14,64±2,12    |
| Varianza                           | 167,93             | 13,92      | 48,47         |
| Desviación estándar (SD)           | 12,96              | 3,73       | 6,96          |
| Coefficiente de variación (CV)     | 0,22               | 0,15       | 0,48          |

la media (95%), varianza, desviación estándar y coeficiente de variación.

### Evaluación de Infiltración grasa

Los datos de IG se compararon entre preoperatorio y postoperatorio en los tres niveles evaluados (L3-L4, L4-L5 y L5-S1) en cada tipo de abordaje y se compararon los valores de P obtenidos mediante la suma de rangos de Wilcoxon.

### RESULTADOS

La comparación de valores de P obtenidos para AST del músculo multifidus mediante la suma de rangos de Wilcoxon no mostró diferencias significativas entre los distintos abordajes.

La comparación de P para AST de los músculos erectores mostró diferencias entre abordaje percutáneo vs línea media (P = 0.018) y de línea media vs Wiltse (P = 0.027). [Ver Tabla 3].

No encontramos diferencias significativas cuando comparamos lado izquierdo vs lado derecho en multifidus. En

el análisis de erectores se observó menor atrofia a nivel L3-4 derecho (P = 0.041) cuando se comparó percutáneo vs línea media, y una diferencia a nivel L4-5 derecho (P = 0.031) cuando se comparó línea media vs Wiltse. [Ver Tabla 4].

La IG comparativa por nivel de fusión entre los distintos abordajes, mostró sólo diferencias en el nivel L3-L4 entre los abordajes percutáneo y de línea media (P = 0.017). [Ver Tabla 5].

### DISCUSIÓN

La musculatura extensora espinal cumple una función fundamental para la postura en bipedestación y la marcha. Determina en gran medida la lordosis lumbar, y es la responsable de adaptarse a la forma de la pelvis de cada sujeto, de tal forma que resulta imprescindible a la hora de mantener el balance sagital.

En los últimos años han surgido numerosos estudios que jerarquizan la importancia de la musculatura. Así, se demostró que los pacientes con lumbalgias crónicas tienen mayor atrofia muscular del multifidus y longissimus, que las escoliosis idiopáticas y degenerativas tienen mayor atrofia muscular del lado cóncavo y que los pacientes con radiculopatías tienen mayor atrofia muscular e infiltración grasa del lado del dolor.<sup>[5,6]</sup>

La literatura soporta el hecho de que los pacientes con lumbalgias crónicas o recurrentes tienen alteraciones musculares. Esto se ha estudiado comparando el grado de infiltración grasa como signo de atrofia muscular de los multifidus, y en estudios que evaluaron área de sección transversal muscular. Los pacientes con lumbalgia crónica tienen mayores grados de infiltración grasa muscular paraespinal así como menores áreas de sección transversal, ambos indicadores indirectos de atrofia muscular.<sup>[10,12]</sup>

Kang y col. realizaron un estudio comparativo en pacientes con cifosis lumbar degenerativa y pacientes con lumbalgia crónica sin cifosis. Los pacientes con cifosis

**Tabla 2: Datos demográficos de los pacientes según el abordaje realizado**

| Parámetros                         | Línea Media |            |               | Wiltse      |            |               | Percutáneo  |            |               |
|------------------------------------|-------------|------------|---------------|-------------|------------|---------------|-------------|------------|---------------|
|                                    | Edad (Años) | IMC        | Control Meses | Edad (Años) | IMC        | Control Meses | Edad (Años) | IMC        | Control Meses |
| Mediana                            | 65,50       | 24,54      | 14,50         | 57          | 22,60      | 13,00         | 61          | 26,70      | 12,00         |
| Media                              | 61,36       | 24,31      | 18,21         | 54,67       | 22,95      | 13,60         | 60,53       | 27,36      | 12,33         |
| Error estándar media (SEM)         | 4,63        | 0,44       | 2,74          | 2,62        | 0,69       | 0,93          | 2,66        | 1,21       | 1,12          |
| Intervalo de confianza de la media | 61,36±10,00 | 24,31±0,96 | 18,21±5,91    | 54,67±5,63  | 22,95±1,49 | 13,60±1,99    | 60,53±5,70  | 27,36±2,60 | 12,33±2,41    |
| Varianza                           | 299,94      | 2,74       | 104,79        | 103,24      | 7,21       | 12,97         | 105,98      | 22,12      | 18,95         |
| Desviación estándar (SD)           | 17,32       | 1,66       | 10,24         | 10,16       | 2,68       | 3,60          | 10,29       | 4,70       | 4,35          |
| Coefficiente de variación (CV)     | 0,28        | 0,068      | 0,56          | 0,19        | 0,12       | 0,26          | 0,17        | 0,17       | 0,35          |

**Tabla 3: Diferencia de áreas de sección transversal entre el preoperatorio y el postoperatorio por grupos musculares**

| Área multifidus           | P     |
|---------------------------|-------|
| Percutáneo vs Línea media | 0.17  |
| Línea media vs Wiltse     | 0.29  |
| Percutáneo vs Wiltse      | 0.17  |
| Percutáneo vs Línea media | 0.018 |
| Línea media vs Wiltse     | 0.027 |
| Percutáneo vs Wiltse      | 0.624 |

lumbar tenían mayores depósitos grasos en los músculos multifidus y erectores espinales con áreas de sección transversal muscular más pequeñas. Este trabajo apoya la teoría de que una mayor atrofia muscular lumbar se relaciona con pérdida de lordosis lumbar y en ocasiones incluso cifosis lumbar o “síndrome de espalda plana”.<sup>[7]</sup>

La cirugía mínimamente invasiva tuvo un gran desarrollo en las últimas décadas, logrando reducir los períodos de internación y las complicaciones postoperatorias en algunas patologías. Parecería que estas técnicas generarían menor daño muscular, con resultados favorables en relación a menor cantidad de mediadores séricos inflamatorios y dolor postoperatorio.<sup>[2-4]</sup>

Es interesante tomar en cuenta tanto el factor de AST como el de IG al momento de evaluar el estado de la musculatura espinal, porque el área se toma midiendo el perímetro del grupo muscular en cuestión, pero no tiene en cuenta la calidad de las fibras de ese grupo. Así, dos pacientes diferentes pueden tener un mismo valor de AST pero tener diferentes grados de IG, resultando en diferentes grados de atrofia muscular.<sup>[1]</sup>

La hipótesis nula inicial de nuestro trabajo fue que los abordajes mínimamente invasivos generarían menor atrofia muscular que el abordaje convencional por línea media. Esto fue encontrado en el análisis estadístico para los músculos erectores espinales. Sin embargo, no se encontraron diferencias significativas en relación al músculo multifidus.

En los abordajes por línea media, se entiende que el músculo multifidus se daña por desinserción, denervación e isquemia causada por la retracción sostenida<sup>[2,4]</sup>

El 80% de los pacientes operados con técnica de Wiltse eran estenosis centrales del canal. En estos casos se realiza el abordaje intermuscular clásico, y para poder realizar una buena descompresión se realiza una desperiostización del multifidus desde lateral hacia medial en forma bilateral (flap), que genera un potencial daño al músculo. Por otro lado, el ingreso por el plano intermuscular podría lesionar pequeñas ramas nerviosas que inervan a la musculatura.

En los casos tratados con MIS TLIF, el abordaje tubular para el acceso al disco intervertebral supone la desperiostización de la faceta articular en forma completa. Cuando se precisa descompresión adicional, el tubo es inclinado hacia medial y se desinserta el músculo de las láminas. Esto también genera un daño en el multifidus.

Esta teoría explicaría por qué los tres abordajes fueron similares en atrofia muscular respecto al músculo multifidus, y la diferencia estadísticamente significativa a favor de los abordajes mínimamente invasivos sólo pudo verse en los músculos erectores.

Una limitación de este trabajo es la falta de randomización del abordaje elegido y la heterogeneidad de patologías degenerativas lumbares tratadas, a pesar de que los tres grupos comparados cumplieron los supuestos de homogeneidad de varianzas.

## CONCLUSIÓN

Los abordajes mínimamente invasivos utilizados para descompresión y artrodesis monosegmentaria lumbar se relacionaron con menor grado de atrofia muscular postoperatoria en los músculos erectores espinales. Esta diferencia no pudo probarse para el multifidus. Estudios randomizados y controlados serían de utilidad para validar los resultados de este trabajo.

**Tabla 4: Comparación de áreas de sección transversal de los músculos erectores según el lado (izquierdo vs derecho)**

| Erectores según lateralidad | Izq L3-L4 | Izq L4-L5 | Izq L5-S1 | Der L3-L4 | Der L4-L5 | Der L5-S1 |
|-----------------------------|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|
| Percutáneo vs Línea media   | 0.35      | 0.44      | 0.12      | 0.041     | 0.153     | 0.218     |
| Línea media vs Wiltse       | 0.62      | 0.34      | 0.35      | 0.285     | 0.031     | 0.054     |
| Percutáneo vs Wiltse        | 0.35      | 0.44      | 0.40      | 0.285     | 0.367     | 0.267     |

**Tabla 5: Diferencias de infiltración grasa entre el preoperatorio y el postoperatorio, calculado por la suma de rangos de Wilcoxon. Se observa una diferencia estadísticamente significativa (*P* menor a 0.05) en el nivel L3-L4 en la comparación de percutáneo vs línea media**

| Infiltración grasa en T1  | L3-L4 | L4-L5 | L5-L5 |
|---------------------------|-------|-------|-------|
| Percutáneo vs Línea media | 0.017 | 0.13  | 0.38  |
| Línea media vs Wiltse     | 0.201 | 0.13  | 0.46  |
| Percutáneo vs Wiltse      | 0.119 | 1.00  | 0.58  |

### Declaration of patient consent

The authors certify that they have obtained all appropriate patient consent forms. In the form the patient(s) has/have given his/her/their consent for his/her/their images and other clinical information to be reported in the journal. The patients understand that their names and initials will not be published and due efforts will be made to conceal their identity, but anonymity cannot be guaranteed.

### Financial support and sponsorship

Nil.

### Conflicts of interest

There are no conflicts of interest.

## BIBLIOGRAFÍA

- Berry D, Padwal J, Johnson S, Parra C, Ward S, Shahidi B. Methodological considerations in region of interest definitions for paraspinal muscles in axial MRIs of the lumbar spine. *BMC Musculoskelet Disord* 2018;19:135.
- Bresnahan L, Smith J, Ogden A, Quinn S, Cybulski G, Simonian N, et al. Assessment of paraspinal muscle cross-sectional area following lumbar decompression: minimally invasive versus open approaches. *Clin Spine Surg* 2017;30:E162-8.
- Fortin M, Lazari A, Varga P, Battie M. Association between paraspinal muscle morphology, clinical symptoms and functional status in patients with lumbar spinal stenosis. *Eur Spine J* 2017;26:2543-51.
- Goldstein C, Macwan K, Sundararajan K, Rampersaud R. Perioperative outcomes and adverse events of minimally invasive versus open posterior lumbar fusion: Meta-analysis and systematic review. *J Neurosurg Spine* 2016;24:416-27.
- Goubert D, De Pauw R, Meeus M, Willems T, Cagnie B, Schoupe S, et al. Lumbar muscle structure and function in chronic versus recurrent low back pain: A cross-sectional study. *Spine J* 2017;17:1285-96.
- Kalichman L, Carmeli E, Been E. The association between imaging parameters of the paraspinal muscles, spinal degeneration, and low back pain. *BioMed Res Int* Volume 2017. doi: 10.1155/2017/2562957.
- Kang CH, Shin MJ, Kim SM, Lee SH, Lee CS. MRI of paraspinal muscles in lumbar degenerative kyphosis patients and control patients with chronic low back pain. *Clin Radiol* 2007;62:479-86.
- Kjaer P, Bendix T, Sorensen J, Korsholm L, Leboeuf-Yde C. Are MRI-defined fat infiltrations in the multifidus muscles associated with low back pain?. *BMC Med* 2007;5:2.
- MacDonald D, Moseley G, Hodges P. The lumbar multifidus: Does the evidence support clinical beliefs? *Man Ther* 2006;11:254-63.
- Ranger T, Cicuttini F, Jensen T, Peiris W, Hussain S, Fairley J, et al. Is the size and composition of the paraspinal muscles associated with low back pain? A systematic review. *Spine J* 2017;17:1729-48.
- Shafaq N, Suzuki A, Matsumura A, Terai H, Toyoda H, Yasuda H, et al. Asymmetric degeneration of paravertebral muscles in patients with degenerative lumbar scoliosis. *Spine* 2012;37:1398-406.
- Shahidi B, Hubbard J, Gibbons M, Ruoss S, Zlomistic V, Allen T, et al. Lumbar multifidus muscle degenerates in individuals with chronic pathology degenerative lumbar spine. *J Orthop Res* 2017;35:2700-6.