

## **1. Categoría**

Universidad - Tesis Doctorales

## **2. Título**

Evaluación ecográfica simultánea de la musculatura del *core* en Dolor Lumbar Inespecífico Crónico: innovación diagnóstica y transferencia clínica.

## **3. Resumen**

El Dolor Lumbar Inespecífico Crónico (DLIC) es una de las principales causas de discapacidad, deterioro de la calidad de vida y absentismo laboral a nivel mundial, con una etiología aún desconocida. Dada la relevancia del *core* en la estabilidad lumbopélvica y el control motor, esta tesis doctoral evalúa su función global en sujetos con y sin DLIC mediante ecografía simultánea en tiempo real durante maniobras funcionales. El trabajo se estructura en varias fases: (1) revisión sistemática sobre la sinergia muscular del *core*, (2) diseño de un protocolo observacional de casos y controles, (3) desarrollo y validación de un dispositivo innovador para medición ecográfica simultánea, y (4,5) realización de dos estudios observacionales y su difusión científica y tecnológica (6). Los resultados evidencian diferencias en la función de ciertos músculos, pero no identifican un patrón específico de activación asociado al DLIC, lo que subraya la complejidad de esta patología. Esta tesis aporta conocimiento científico, innovación tecnológica y optimización de estrategias preventivas y terapéuticas en el abordaje del DLIC, con alto potencial de transferencia a la práctica clínica.

#### 4. Justificación

El Dolor Lumbar Inespecífico Crónico (DLIC) constituye una de las principales causas de discapacidad y deterioro de la calidad de vida a nivel global, con un impacto socioeconómico significativo. En el 85-90% de los casos, la etiología permanece indeterminada, lo que dificulta tanto el diagnóstico como el tratamiento. Diversos factores de riesgo, como el tipo de trabajo, la obesidad, los hábitos de vida y la presencia de factores psicológicos y sociales, se asocian con una mayor prevalencia y cronificación del dolor lumbar inespecífico. No obstante, los mecanismos musculoesqueléticos subyacentes no han sido plenamente esclarecidos, lo que resalta la necesidad de investigaciones que profundicen en su papel en la génesis y perpetuación de esta patología.

El *core*, entendido como una unidad funcional abdomino-pélvica compuesta por el Multífido Lumbar (ML), la Pared Abdominal Lateral (PAL), el Diafragma (DF) y el Suelo Pélvico (SP), desempeña un papel esencial en la estabilidad lumbopélvica y el control motor. Sin embargo, la mayoría de los estudios previos han abordado el análisis de estos músculos de forma aislada, sin considerar su activación global y sinérgica.

Esta tesis responde a la necesidad de evaluar de manera integral la función del *core* en sujetos con y sin DLIC, utilizando la ecografía en tiempo real como herramienta no invasiva, fiable y válida para el estudio dinámico de la musculatura profunda. La investigación pretende aportar evidencia científica que permita optimizar las estrategias preventivas y terapéuticas, así como avanzar en la comprensión de los factores musculares que pueden contribuir a la persistencia o aparición del DLIC. Además, el desarrollo de un dispositivo innovador para la evaluación simultánea de la musculatura del *core* representa un avance tecnológico relevante en el ámbito de la fisioterapia y la rehabilitación, facilitando la transferencia de los resultados a la práctica clínica y mejorando la precisión diagnóstica y la eficacia de las intervenciones.

## 5. Desarrollo

La tesis doctoral se ha estructurado en distintas fases, cada una de ellas orientada a responder a la necesidad de avanzar en el conocimiento, la innovación tecnológica y la transferencia clínica en el abordaje del DLIC:

(1) Revisión sistemática del conocimiento.

En primer lugar, se realizó una revisión sistemática sobre la sinergia muscular y la activación global del *core* en DLIC y en sujetos sanos. Se identificó una ausencia de estudios que analizasen la activación conjunta o sinérgica de todos los grupos musculares del *core*, especialmente la relación entre la PAL y ML con el DF y el SP.

*Publicación de resultados:*

[REDACTED] “Core Synergies Measured with Ultrasound in Subjects with Chronic Non-Specific Low Back Pain and Healthy Subjects: A Systematic Review.”

[REDACTED]  
Impact Factor 2022: 3.9

(2) Formulación de hipótesis y diseño metodológico.

A partir de la revisión sistemática, se identificó una carencia de estudios que analizaran de forma integral la activación sinérgica de la musculatura del *core* en sujetos con y sin DLIC. Por ello, se justificó la realización de un estudio observacional de casos y controles que permitiera comparar, en condiciones funcionales, la activación, el grosor y la excursión muscular del *core* entre ambos grupos.

Este diseño posibilitó identificar posibles patrones diferenciales de activación y su asociación con el DLIC, aportando evidencia relevante para optimizar el diagnóstico y tratamiento de esta patología.

Se planteó la hipótesis de que cualquier alteración en la sincronización, sinergia o comportamiento global del *core* podría contribuir a la aparición o persistencia del DLIC.

El estudio, diseñado siguiendo los estándares STROBE y GRRAS, tuvo como objetivo inicial identificar patrones de activación en sujetos sanos y compararlos con los observados en sujetos con DLIC.

El protocolo fue publicado en una revista de alto impacto.

Protocolo publicado en [REDACTED] “Real-time ultrasound evaluation of CORE muscle activity in a simultaneous contraction in subjects with non-specific low back pain and without low-back pain. Protocol of an observational case-control study.”

[REDACTED]

Impact Factor: 2.9

(3) Desarrollo y validación de una tecnología innovadora

Se diseñó, desarrolló y registró como Modelo de Utilidad un cinturón de medición personalizado para la evaluación ecográfica simultánea de la musculatura del core.

El dispositivo fue validado y galardonado en la 3<sup>a</sup> edición de premios a la mejor Invención Protegida mediante Derechos de Propiedad Intelectual Categoría: Mejor Modelo de Utilidad de inventor/a joven (2024) por la Oficina Española de Patentes y Marcas (OEPM).

N.º Registro del Modelo de Utilidad (OEMP): U202131486

(4) Ejecución del estudio observacional principal.

Se reclutaron 60 participantes divididos en dos grupos: un grupo de casos con DLIC (n=26) y otro grupo control de sujetos sanos (n=34). El objetivo principal de este estudio observacional fue identificar y caracterizar los patrones de activación muscular en sujetos con DLIC y en controles sanos. Se estudió la activación, el grosor y la excursión muscular de los principales grupos musculares del core durante la ejecución de maniobras funcionales —*Abdominal Drawing In Maneouver (ADIM), Contralateral Arm Lift (CAL), Valsalva y Contracción Voluntaria del Suelo Pélvico (CVSP)*— en sedestación y bipedestación, utilizando el dispositivo desarrollado para tal fin.

La activación muscular se valoró de forma cualitativa ordinal (primero, segundo, tercero y cuarto) para cada grupo muscular en cada maniobra y posición. A partir de estos datos, se establecieron patrones de activación específicos para cada medición y se analizó la predominancia y significancia estadística de dichos patrones en ambos grupos.

No se identificaron patrones específicos de activación muscular asociados al DLIC. Sin embargo, se observaron algunas diferencias en la función de ciertos músculos durante las maniobras evaluadas, especialmente en bipedestación. Estos hallazgos sugieren que, aunque el patrón general de activación no varía entre los grupos, pueden existir alteraciones específicas en la función muscular en personas con DLIC.

Resultados principales publicados en: [REDACTED] Ultrasound Evaluation of Onset Core Muscle Activity in Subjects with Non-Specific Lower Back Pain and Without Lower Back Pain: An Observational Case-Control Study. *Diagnostics*, 14(20), 2310.

[REDACTED]  
Impact Factor: 3.0

(5) Ejecución del estudio observacional complementario.

Se realizó un estudio complementario sobre morfología y función muscular, profundizando en la relación entre el grosor muscular, la excursión y la sinergia funcional entre la PAL, DF y SP. Se aplicaron análisis estadísticos robustos y se ajustaron variables de confusión.

Resultados principales publicados en: Abdominal and Pelvic Floor Activity Related to Respiratory Diaphragmatic Activity in Subjects with and without Non-Specific Low Back Pain [REDACTED]

(6) Difusión científica, tecnológica y social

Publicación de resultados en revistas de impacto y presentación en congresos nacionales e internacionales y reconocimiento institucional.

**Logros destacados:**

1. Publicación de los principales resultados y avances metodológicos en revistas científicas de alto impacto internacional (Sensors, PLoS ONE, Diagnostics).
2. Desarrollo, validación y Registro como Modelo de utilidad del cinturón de medición personalizado para la evaluación ecográfica simultánea de la musculatura del core (Modelo de Utilidad U202131486, OEPM).
3. Premio ganador en la '3<sup>a</sup> edición de premios a la mejor Invención Protegida mediante Derechos de Propiedad Intelectual. Categoría: Mejor Modelo de Utilidad de inventor/a joven' (2024)
4. Presentación y difusión de los resultados en congresos nacionales e internacionales de referencia en fisioterapia y biomecánica.

[REDACTED] Premio a la Mejor Tesis Doctoral [REDACTED]

6. Reconocimiento institucional y social por la innovación y la transferencia tecnológica en el ámbito de la fisioterapia y la rehabilitación.
7. Contribución al avance científico en la comprensión de la función global del core en el dolor lumbar inespecífico crónico y en la optimización de estrategias preventivas y terapéuticas.

## 6. Discusión / Conclusiones

### Discusión

El presente trabajo representa un avance significativo en la evaluación de la función global del *core* en sujetos con DLIC y en individuos sanos, utilizando una metodología innovadora basada en ecografía en tiempo real y un dispositivo registrado como Modelo de Utilidad para la medición simultánea de los principales grupos musculares abdomino-pélvicos. Hasta la fecha, la mayoría de los estudios se han centrado en el análisis aislado de músculos individuales del *core*, sin considerar la interacción sinérgica entre ellos ni su relación con el DF y el SP.

La revisión sistemática realizada en la primera fase de esta tesis doctoral mostró una ausencia de estudios que analizaran la activación sinérgica de todos los grupos musculares del *core*, especialmente la relación funcional entre el diafragma y el suelo pélvico, a pesar de su importancia en la estabilidad lumbopélvica. Este trabajo es pionero en abordar esta laguna en el conocimiento, permitiendo la evaluación simultánea y dinámica de la musculatura del *core* durante maniobras funcionales relevantes para la clínica.

Los resultados obtenidos muestran que, aunque no se identificó un patrón de activación específico del *core* asociado al DLIC, sí se observaron diferencias significativas en la excursión del DF y el SP, así como en la relación de contracción del ML y el Transverso del Abdomen (TRA) en determinadas maniobras y posiciones. Estos hallazgos coinciden parcialmente con estudios previos que han reportado alteraciones en el grosor y la activación muscular en sujetos con DLIC, pero aportan una visión más global y funcional al analizar la sinergia entre los diferentes grupos musculares.

La principal aportación de este estudio radica en la validación de un sistema de medición ecográfica simultánea, que permite una valoración objetiva, fiable y no invasiva de la función muscular del *core* en tiempo real. Esta herramienta puede facilitar la identificación de alteraciones funcionales que no serían detectables mediante métodos convencionales o 'Gold Standard' como la Resonancia Magnética (RM) o la Electromiografía (EMG), optimizando así la planificación de programas de rehabilitación personalizados y el seguimiento de la evolución del paciente.

En la práctica clínica, la utilización del cinturón de medición ecográfico desarrollado abre la posibilidad de identificar déficits específicos en la activación de la musculatura profunda del *core* durante maniobras funcionales. Esta información permitirá, en futuras aplicaciones clínicas, adaptar los programas de ejercicios e intervenciones fisioterapéuticas de forma personalizada, optimizando los resultados en pacientes con DLIC. Además, la metodología y el dispositivo están

preparados para su transferencia a la práctica clínica y docente, lo que podría facilitar la innovación y la mejora de la atención en diferentes entornos asistenciales.

### Conclusiones

Este estudio no solo aporta evidencia novedosa sobre la función sinérgica del core en el DLIC, sino que también introduce una metodología innovadora con aplicaciones directas en la clínica, contribuyendo a una mejor comprensión y manejo de una de las condiciones más prevalentes y complejas en la práctica sanitaria. Se requieren estudios adicionales con muestras más amplias y diseños longitudinales para profundizar en el papel del core en la etiología y tratamiento del DLIC.