

MH*Salud*

Revista en Ciencias del Movimiento Humano y Salud

Doi: <https://doi.org/10.15359/mhs.22-2.20548>



Valoración mediante electromiografía de superficie y ejercicio terapéutico en el dolor lumbar crónico inespecífico: estudio piloto

Assessment using surface electromyography and therapeutic exercise in chronic nonspecific low back pain: Pilot study

Avaliação por meio de eletromiografia de superfície e exercício terapêutico na dor lombar crônica inespecífica: Estudo piloto

Alejandro Caña-Pino^{1*}, Jorge Navarro-Escribano², María Dolores Apolo-Arenas³

Recibido 16-10-2024 - Aceptado 28-07-2025

- 1 Universidad de Extremadura, Departamento Terapéutica Médico-Quirúrgica, Facultad de Medicina y Ciencias de la Salud, Grupo de Investigación Physioh (CTS046), 06006 Badajoz, España. alejandroc@unex.es  <https://orcid.org/0000-0002-5341-9791>
- 2 Universidad de Extremadura, Departamento Terapéutica Médico-Quirúrgica, Facultad de Medicina y Ciencias de la Salud, Grupo de Investigación Physioh (CTS046), 06006 Badajoz, España. jnavarrozf@alumnos.unex.es
- 3 Universidad de Extremadura, Departamento Terapéutica Médico-Quirúrgica, Facultad de Medicina y Ciencias de la Salud, Grupo de Investigación Physioh (CTS046), 06006 Badajoz, España. mdapolo@unex.es  <https://orcid.org/0000-0002-8347-7589>

* Autor de correspondencia



RESUMEN



Introducción: El dolor lumbar crónico (DLC) es un trastorno común e incapacitante en la sociedad occidental. El uso de métodos objetivos para su valoración es relevante al incluir indicadores que los métodos subjetivos no lo hacen y así tener una mayor fiabilidad y aplicabilidad. La electromiografía de superficie parece ser útil y de fácil manejo para analizar de forma objetiva la actividad muscular lumbar. **Objetivo:** (1) Valorar en sujetos con DLCI la actividad muscular de erectores espinales lumbares y multifidos mediante electromiografía de superficie y (2) Evaluar la eficacia de un programa de ejercicio terapéutico sobre variables clínicas como dolor, discapacidad y kinesiophobia. **Métodos:** Tres sujetos con dolor lumbar crónico fueron valorados antes y después de realizar un programa de ejercicio terapéutico con electromiografía, algómetro, escala NPRS, cuestionario Roland Morris y escala TAMP (TSK-11). **Resultados:** Tras el tratamiento en el fenómeno flexión-relajación (FFR), el *root mean square* (RMS) disminuye, pero la máxima contracción voluntaria (MCV), aumenta en erectores y reduce en multifidos; además, dos de las personas participantes presentaron silencio electromiográfico. El programa de ejercicios resulta eficaz para reducir el dolor, la discapacidad y la kinesiophobia; y el umbral de dolor a la presión aumentó. **Conclusiones:** El RMS, la MCV y el silencio electromiográfico en el FFR podrían ser indicadores de electromiografía útiles para cuantificar las intervenciones terapéuticas en sujetos con DLC pudiendo tener aplicabilidad clínica. No obstante, se precisan estudios con una muestra suficientemente grande como para establecer resultados fiables.

Palabras clave: dolor de la región lumbar; electromiografía; ejercicio terapéutico; dolor lumbar crónico inespecífico.

ABSTRACT



Introduction: Chronic low back pain (CLBP) is a common and disabling disorder in Western society. The use of objective methods for its assessment is relevant because they include indicators that subjective methods do not, and thus have greater reliability and applicability. Surface electromyography seems to be useful and easy to use to objectively analyze lumbar muscle activity. **Objective:** (1) To evaluate in subjects with DLCI the muscular activity of lumbar spinal erectors and multifidus by means of surface electromyography; and (2) to evaluate the efficacy of a therapeutic exercise program on clinical variables such as pain, disability and kinesiophobia. **Methods:** 3 subjects with chronic low back pain were evaluated before and after a therapeutic exercise program with electromyography, algometer, NPRS scale, Roland Morris questionnaire and TAMP scale (TSK-11). **Results:** after treatment, in the flexion-relaxation phenomenon (FFR), the root mean square (RMS) decreases, but the maximum voluntary contraction (MCV) increases in erectors and decreases in multifidus; in addition, 2 of the participants presented electromyographic silence. The exercise program is effective in reducing pain, disability and kinesiophobia; and the pain threshold to pressure increased. **Conclusions:** RMS, MCV and electromyographic silence in the FFR could be useful electromyography indicators to quantify therapeutic interventions in subjects with CLBP and could have clinical applicability. However, studies with a sufficiently large sample size are needed to establish reliable results.

Keywords: low back pain; electromyography; exercise therapy; chronic non-specific low back pain.

RESUMO



Introdução: A dor lombar crônica (DLC) é uma doença comum e incapacitante na sociedade ocidental. O uso de métodos objetivos para a sua avaliação é relevante, pois inclui indicadores que os métodos subjetivos não incluem, proporcionando maior fiabilidade e aplicabilidade. A eletromiografia de superfície parece ser útil e fácil de usar para analisar objetivamente a atividade muscular lombar. **Objetivo:** (1) Avaliar em indivíduos com DLCI a atividade muscular dos eretores espinhais lombares e multifidos por meio de eletromiografia de superfície; e (2) avaliar a eficácia de um programa de exercícios terapêuticos sobre variáveis clínicas como dor, incapacidade e cinesiofobia. **Métodos:** Três indivíduos com dor lombar crônica foram avaliados antes e depois da realização de um programa de exercício terapêutico com eletromiografia, algómetro, escala NPRS, questionário Roland Morris e escala TAMP (TSK-11). **Resultados:** após o tratamento, no fenômeno flexão-relaxamento (FFR), a raiz quadrada média (RMS) diminuiu, mas a contração voluntária máxima (MCV) aumenta nos eretores e diminuiu nos multifidos; além disso, 2 dos participantes apresentaram silêncio eletromiográfico. O programa de exercícios é eficaz para reduzir a dor, a incapacidade e a cinesiofobia; e o limiar de dor à pressão aumentou. **Conclusões:** o RMS, o MCV e o silêncio eletromiográfico no FFR podem ser indicadores eletromiográficos úteis para quantificar as intervenções terapêuticas em indivíduos com DLC, podendo ter aplicabilidade clínica. No entanto, são necessários estudos com uma amostra suficientemente grande para estabelecer resultados fiáveis.

Palavras-chave: "dor na região lombar", "eletromiografia", "exercício terapêutico", "dor lombar crônica inespecífica"

INTRODUCCIÓN

El dolor lumbar (DL) se define como un síntoma de dolor o molestia desde los arcos costales inferiores hasta el surco glúteo (Kanas *et al.*, 2018). Según Wang *et al.* (2019), su etiología se puede clasificar, de acuerdo con las guías clínicas existentes en: DL patológico específico de la médula espinal, DL de raíz nerviosa y DL inespecífico (DLI). Este último adquiere gran interés respecto a su valoración y abordaje, pues la fuente del dolor no puede establecerse con precisión en el 85-90% de los casos (Rose-Dulcina *et al.*, 2019).

Además, de acuerdo con la bibliografía, puede describirse como un trastorno común e incapacitante en la sociedad occidental, considerándose como la principal causa de discapacidad en personas menores de 45 años. Esto genera el mayor gasto económico en salud en la población entre 20 y 50, y aumenta el riesgo de ausencia por enfermedad a largo plazo en el trabajo (Calatayud *et al.*, 2019). Es un importante desafío de salud pública y una carga socioeconómica en todo el mundo (Suní *et al.*, 2018). Los estudios epidemiológicos muestran que todos los días entre el 12 y el 33 % de la población adulta sufre DL, mientras que la prevalencia de por vida es de hasta el 84 % (Kastelic *et al.*, 2018), incluso el 11-12 % de las personas pacientes con DL presentan alteración en las actividades funcionales (Wang *et al.*, 2019).

En relación con la valoración del DL, resulta fundamental emplear métodos objetivos, ya que incorporan indicadores que los métodos subjetivos no contemplan. Suní *et al.* (2018), en su estudio de efectividad y rentabilidad con 219 profesionales sanitarias con DL crónico inespecífico (DLCI) no hallaron resultados estadísticamente significativos en dos de sus grupos de intervención, con ejercicios y asesoramiento para el cuidado de la espalda, al utilizar la escala visual analógica (EVA). De manera similar, Kanas *et al.* (2018) tampoco encontraron resultados estadísticamente significativos en el medio y largo plazo de su terapia de ejercicios, como se evidenció mediante la Escala de Calificación Numérica del Dolor (ECND), el cuestionario Roland Morris y el Formulario 36 (SF-36), en 30 pacientes con DLCI. En contraste, Qiao *et al.* (2019), en su estudio sobre DL agudo (DLA), sí hallaron resultados significativos en la reducción del dolor con la aplicación de masoterapia, al usar la escala EVA.

Con base en lo anterior, se precisan de métodos de valoración objetivos que mejoren estos aspectos y así facilitar la funcionalidad de las pruebas realizadas en sujetos con DLC. Al respecto, la electromiografía de superficie (EMG) parece ser más conveniente tanto para los pacientes como para las personas investigadoras para

analizar la actividad de la musculatura lumbar en estudios de laboratorio, así como en ensayos clínicos (Farina *et al.*, 2003). La EMG se ha consolidado como un método de valoración objetiva cada vez más utilizado en la investigación clínica sobre DLC. Su creciente presencia en la literatura se debe a su capacidad para identificar patrones de activación muscular que no pueden ser descubiertos por métodos subjetivos, lo cual la convierte en una herramienta útil para evaluar la eficacia de las intervenciones fisioterapéuticas (Rose-Dulcina *et al.*, 2019; Calatayud *et al.*, 2019). Rose-Dulcina *et al.* (2019), mediante la valoración con electromiografía (EMG), detectaron si el descenso de actividad de la musculatura lumbar ocurría de manera simétrica en sujetos con DLC. Calatayud *et al.* (2019) midieron la actividad de la musculatura lumbar en sujetos con DLC para su posterior comparación tras aplicarse un tratamiento basado en ejercicios y así observar el efecto sobre cada músculo. Son aspectos que no incluyen los anteriores métodos de valoración subjetiva y que ayudan a objetivar el tratamiento en función de la musculatura afectada.

Actualmente, no hay un acuerdo claro respecto a cuál es la modalidad terapéutica más adecuada para tratar el DL, lo que genera un debate constante en torno a su manejo. (George SZ *et al.*, 2021; Zhao *et al.*, 2019). Por otro lado, Luna *et al.* (2017) indican que el tratamiento activo basado en ejercicio terapéutico puede mejorar los resultados de cada paciente. El tratamiento de esta problemática abarca una variedad de intervenciones que incluyen cirugía, farmacoterapia e intervenciones no médicas (Zhao *et al.*, 2019). Por ello, Owen *et al.* (2020) sugieren que es necesario identificar y evaluar la eficacia de las intervenciones de fisioterapia en el DLCl, abordando variables como dolor, discapacidad, fuerza y resistencia muscular, uso de farmacoterapia y salud mental. Además, han demostrado que los tratamientos pasivos como ultrasonido, terapia de frío y calor y masaje, sin la práctica de ejercicio, han fracasado en la reducción del dolor a largo plazo en este tipo de patología crónica. Por el contrario, el ejercicio activo para el DL es uno de los tratamientos más indicados y constituye la primera línea de tratamiento (Eash *et al.*, 2007; Kanas *et al.*, 2018). Suh *et al.* (2019) añaden que el ejercicio puede mejorar la fuerza, la movilidad, la resistencia y la discapacidad.

En particular, el entrenamiento de la estabilidad central se ha consolidado como uno de los tratamientos de referencia; este enfoque se centra en el fortalecimiento de la zona lumbar (principalmente erectores espinales y glúteos) y la región abdominal. (Borghuis *et al.*, 2008). La última guía clínica de práctica clínica sobre dolor lumbar concluye que la intervención más efectiva es el ejercicio terapéutico (George *et al.*, 2021). Hay pocos estudios recientes que, al aplicar tratamiento con ejercicios en sujetos

con DLC, incluyen la EMG como método de valoración. Cabe destacar el de [Nakai et al. \(2019\)](#), el cual sugiere que el ejercicio de estabilización del tronco, incluyendo el ejercicio isométrico de rotación de cadera, puede ser más seguro y efectivo, siendo beneficioso para las personas fisioterapeutas dedicadas a la prevención y el tratamiento del dolor lumbar.

Este estudio busca identificar, en personas con DLCl, indicadores eficientes basados en EMG que permitan evaluar de manera objetiva las intervenciones terapéuticas y facilitar su aplicación clínica. Así como evaluar la eficacia de un programa de ejercicio terapéutico sobre variables clínicas como dolor, discapacidad y kinesiofobia. Se espera que el programa de ejercicio terapéutico produzca mejoras clínicas y cambios electromiográficos que reflejen una mayor eficiencia neuromuscular en los sujetos evaluados.

MATERIAL Y MÉTODO

Se realizó un estudio piloto, cuasiexperimental, longitudinal, con diseño pre-post sin grupo control. El estudio se llevó a cabo de acuerdo con las recomendaciones de CONSORT ([Moher et al., 2010](#)), siguiendo la declaración de Helsinki y aprobado por el Comité de Bioética y Bioseguridad de la Universidad de Extremadura (nº registro: 77//2018). Todas las personas participantes accedieron al estudio voluntariamente y dieron su consentimiento informado por escrito. Durante el desarrollo del estudio no se presentaron incidencias clínicas ni efectos adversos asociados al protocolo de intervención. Los procedimientos de evaluación y tratamiento resultaron factibles en el entorno clínico utilizado, lo cual sugiere una buena aplicabilidad y tolerancia del protocolo, especialmente para estudios futuros de mayor escala.

Participantes

Los sujetos fueron reclutados de distintos centros de salud del Sistema Extremeño de Salud. Un total de 16 personas se ofrecieron de forma voluntaria después del diagnóstico médico. Los criterios de inclusión fueron: a) DLCl con más de tres meses de duración ([Calatayud et al., 2019](#)); b) edad comprendida entre los 18 y 45 años ([Calatayud et al., 2019](#)); c) puntuación en la escala Numeric Pain Rating Scale (NPRS) superior a 4/10 ([Suh et al., 2019](#)). Los criterios de exclusión: a) cirugía de columna ([Calatayud et al., 2019](#)); b) realización de otro tratamiento de fisioterapia simultáneo ([Magalhães et al., 2018](#)); c) afección médica, que incluya: fractura o tumor en la columna, espondilitis anquilosante, hernia discal, espondilolistesis con afectación neurológica, estenosis lumbar, fibromialgia y cualquier enfermedad neurológica ([Macedo et al., 2019](#));

d) realización de programa de ejercicio terapéutico en los últimos tres meses (Suh *et al.*, 2019).

Finalmente, la muestra estuvo compuesta por seis sujetos con edad ($31,83 \pm 16,69$ años), peso ($58,58 \pm 7,92$ kg), altura ($1,64 \pm 0,13$ m) e IMC ($21,59 \pm 2,24$ kg/m²); de ellos cuatro eran mujeres y dos hombres. Aunque inicialmente se seleccionaron seis sujetos que cumplían los criterios de inclusión, solo tres participantes completaron todo el protocolo de intervención y evaluación, conformando así la muestra final del estudio piloto (Figura 1). Dos personas investigadoras llevaron a cabo el estudio; una realizó las valoraciones y otra, la intervención.

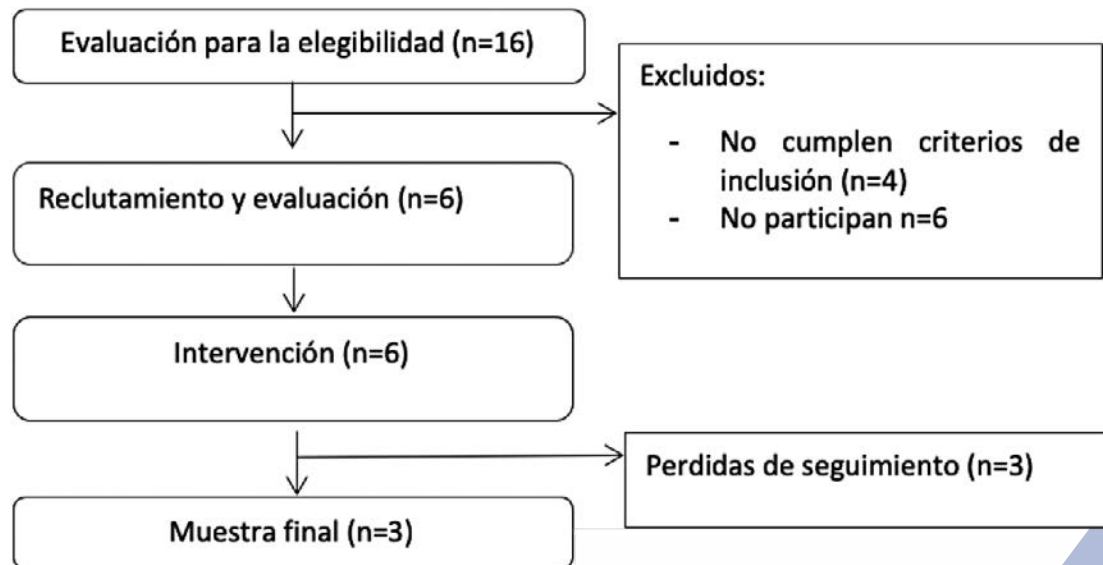


Figura 1: Diagrama de flujo

Procedimiento

Se realizó un protocolo de valoración mediante electromiografía de superficie (EMG) y variables clínicas y posteriormente se llevó a cabo un protocolo de ejercicio terapéutico durante 12 semanas. Al finalizar el tratamiento se reprodujo el mismo protocolo de valoración a las personas participantes.

Protocolo de valoración

Mediante el uso de EMGs (mDurance® system; mDurance Solutions SL, Granada, Spain) se aplicaron dos electrodos de registro de superficie desechables (el diámetro de la pasta del electrodo era de 15 mm) a ambos lados de la columna lumbar con

4 cm de separación, separados 2 cm con respecto al surco vertebral, a la altura de L1; para medir la actividad de los erectores espinales. Además, se colocaron otros dos electrodos a cada lado de la columna lumbar, en la línea que une la punta de la espina iliaca posterosuperior y el espacio intermedio entre L1 y L2, justo al nivel de la apófisis espinosa de L5; para medir la actividad de los multifidos.

El electrodo de referencia se colocó en una superficie ósea superficial y se realizaron las siguientes mediciones: a) flexión lumbar máxima para el FFR (fenómeno de flexión relajación): cada participante se familiarizó con el siguiente movimiento del cuerpo antes de colocar los electrodos y recibió instrucciones durante la prueba: en bipedestación, hacer una flexión de tronco (flexión lumbar) máxima, e intentar tocar el suelo con las manos y se mantuvo en el punto de flexión máxima durante 5 segundos (posición de flexión mantenida), luego recuperó la posición inicial (bipedestación) (Qiao *et al.*, 2019). b) Bipedestación estática: durante 30 segundos, con ojos abiertos. Cada participante permaneció en este tiempo manteniendo la posición, sin moverse, con los pies a la altura de las caderas (Qiao *et al.*, 2019).

Protocolo de ejercicio terapéutico

Tras la valoración, cada paciente realizó dos sesiones de ejercicio terapéutico por semana, durante 20-30 minutos guiados y supervisados, durante 13 semanas; con un total de 26 sesiones siguiendo las recomendaciones de las declaraciones CERT (Slade *et al.*, 2016) y TIDieR (Hoffmann *et al.*, 2014). Cada sesión incluía los siguientes ejercicios: estabilidad cruzada en decúbito supino (Suh *et al.*, 2019), Curl-up modificado (Crunch) (Calatayud *et al.*, 2019); puente de glúteos (Calatayud *et al.*, 2019); tablón delantero/ tablón delantero con abrazadera (plancha) (Calatayud *et al.*, 2019); tablón lateral (plancha lateral) (Calatayud *et al.*, 2019); bird-dog (estabilidad cruzada en cuadrupedia); flexibilización lumbar ("gato") (Suh *et al.*, 2019). El programa fue realizado con los siguientes parámetros: 1 serie de 10 repeticiones cada ejercicio. Una vez finalizado el programa de ejercicios, se les volvió a realizar el procedimiento de valoración descrito en el apartado "Protocolo de valoración".

Variables

Se llevó a cabo una evaluación inicial antes de iniciar el ejercicio terapéutico y una valoración posterior al finalizar la intervención, a las 13 semanas. Los datos antropométricos y clínicos se recogieron mediante un cuestionario creado para este estudio, a saber: la edad (años), la talla (cm), el peso (kg) y el IMC (kg/m²). En cuanto a las variables clínicas se recogieron cinco tipos de variables:

- A. RMS (Root Mean Square) y MCV (máxima contracción voluntaria) mediante electromiografía de superficie en musculatura erectores espinales y multifidos: el RMS medio, también conocido como «valor RMS medio», es una medida de la amplitud media de las señales EMG registradas durante un periodo determinado. El RMS medio se utiliza a menudo para evaluar la actividad muscular global durante una tarea o un periodo determinados, lo cual brinda una indicación de la intensidad media de la actividad muscular. Este parámetro es importante para identificar cuál músculo está activando mayor número de unidades motoras durante un movimiento o conocer la simetría entre músculos en cualquier fase del movimiento. Su unidad es el microvoltio (μV).
- B. Intensidad del dolor mediante la escala *Numeric Pain Rating Scale* (NPRS): es una escala de valoración numérica de 11 puntos, en la que 0 denota «ausencia de dolor» y 10 denota «el máximo dolor imaginable» (Kanas *et al.*, 2018).
- C. Umbral del dolor por presión (UDP): con el empleo del algómetro de presión mecánica (Baseline® Fabrication Enterprise. Inc. P.O Box 1500 White Plains, Nueva York, EE. UU.), a 5 cm a cada lado de L3, de forma bilateral: medido en Kg/cm^2 . Todas las mediciones se realizaron bilateralmente, el lado izquierdo primero (Greene *et al.*, 2019).
- D. Discapacidad lumbar mediante el cuestionario Roland Morris (RM): el cuestionario de RM incluye 24 preguntas relacionadas con las funciones físicas que pueden verse alteradas por la lumbalgia. Su puntuación oscila entre 0 y 24, y las puntuaciones más altas indican mayores niveles de discapacidad (Kanas *et al.*, 2018; Kovacs *et al.*, 2002).
- E. Kinesiofobia mediante la escala TAMPA (TSK-11): la TSK-11 se compone de 11 ítems diseñados para evaluar el miedo del paciente a moverse y a volver a lesionarse. Cada uno se puntúa con una escala Likert de 4 puntos (1= “muy en desacuerdo”, 4= “muy de acuerdo”). Su puntuación total oscila entre 11 y 44 puntos. Las puntuaciones más altas se corresponden con un mayor miedo al dolor, al movimiento y a las lesiones (Gómez-Pérez *et al.*, 2011; Monticone *et al.*, 2016).

Análisis estadístico

Se realizó un análisis descriptivo de cada variable. Se utilizó la media \pm desviación estándar (DE) para expresar los datos. Las variables clínicas, incluyendo aquellas obtenidas mediante electromiografía (EMG), intensidad del dolor y cuestionarios, fueron analizadas utilizando el porcentaje de variabilidad correspondiente para cada paciente. El cálculo de los porcentajes de variabilidad se realizó con el programa Microsoft Excel

y el programa SPSS® versión 26.0 (SPSS Inc., Chicago, IL, EE. UU.). Este porcentaje pre-post fue hallado para cada sujeto y para las medias de cada variable. Dado el tamaño reducido de la muestra (n=3), no se llevó a cabo un análisis de correlación estadístico formal mediante coeficientes de Pearson o Spearman. En su lugar, se aplicó una comparación exploratoria de los valores pre y post intervención en cada sujeto, con el fin de observar posibles patrones clínicamente relevantes entre las variables electromiográficas (RMS, MCV) y las variables clínicas (dolor, discapacidad, kinesiofobia y umbral de dolor a la presión).

RESULTADOS

Respecto a las variables cuantitativas obtenidas durante la flexión lumbar máxima para observar el FFR (prueba dinámica) y la bipedestación estática (prueba estática): los datos numéricos de los tres sujetos reevaluados se observan en la Tabla 1.

Tabla 1.
Análisis cuantitativo con EMG

		EED (μV)			EEI (μV)			MD (μV)			MI (μV)		
RMS en el fenómeno flexión-relajación (FFR)													
S	Pre	Post	%	Pre	Post	%	Pre	Post	%	Pre	Post	%	
1	34,8	20,3	-41,7	33,8	25,3	-25,2	26,3	22,5	-14,5	27,7	25,5	-7,9	
2	34,7	48,3	28,2	33,5	39,1	14,3	45,4	32,4	-28,6	38,8	27,1	-30,2	
3	13,5	12,4	-8,2	16,2	16,5	1,8	18,2	21,4	14,9	30,3	25,8	-14,9	
M	27,7	27,0	-2,5	27,8	26,9	-3,2	29,9	25,4	-15,1	32,3	26,1	-19,2	
MCV en el fenómeno flexión-relajación (FFR)													
1	113,5	77,0	-32,2	119,9	94,7	-21,0	90,4	74,8	-17,3	62,1	61,0	-1,8	
2	140,5	405,3	65,3	131,1	199,6	34,3	149,8	115,9	-22,6	125,1	89,7	-28,3	
3	69,4	59,9	-13,7	69,6	52,6	-24,4	75,5	102,6	26,4	115,2	108,7	-5,6	
M	107,8	180,7	40,3	106,9	115,6	7,5	105,2	97,8	-7,0	100,8	86,5	-14,2	

	EED (μV)			EEI (μV)			MD (μV)			MI (μV)		
	RMS en bipedestación estática											
1	21,8	10,5	-51,8	17,9	11,7	-34,6	11,0	9,4	-14,6	6,9	5,6	-18,8
2	8,6	9,1	5,5	8,2	4,7	-42,7	4,5	3,0	-33,3	4,9	5,0	0,2
3	7,7	6,9	-10,4	9,5	23,7	59,9	4,9	6,1	19,7	13,6	14,1	3,6
M	12,7	8,8	-30,7	11,9	13,4	11,2	6,8	6,2	-8,8	8,5	8,2	-3,5

EED: erector espinal derecho; EEI: erector espinal izquierdo; MD: multifido derecho; MI: multifido izquierdo; RMS: root mean square; FFR: fenómeno flexión-relajación; μV : microvoltios; %: % variabilidad; M: media; S: sujeto; Pre y Post: antes y después de realizar el tratamiento

En el FFR, a nivel general, multifidos han disminuido su amplitud tras el programa de ejercicios, con hasta un 19,2 % de variabilidad; excepto el derecho del sujeto 3. Del mismo modo, erectores han disminuido su amplitud, pero en menor porcentaje, hasta un 3,2 %; por tanto, hay mejor eficiencia neuromuscular, y, además, los valores medios de erectores son mayores que los multifidos en el post. Sin embargo, tanto el derecho como el izquierdo del sujeto 2 y el izquierdo del sujeto 3, han aumentado su actividad. Además, en 2 sujetos se encontró el silencio electromiográfico en el momento de máxima flexión lumbar después de la intervención.

En la MCV, la amplitud en erectores aumenta, con hasta un 40,3 % de variabilidad; mientras que multifidos disminuyen su actividad, con hasta un 14,2 % de variabilidad, siendo el derecho del sujeto 3, el único que aumenta su actividad.

En la bipedestación estática, el sujeto 1 disminuye la amplitud de todos los músculos, al igual que lo hace el sujeto 2 en el erector izquierdo y multifido derecho, y el sujeto 3 en el erector derecho. Sin embargo, el sujeto 3 aumenta la amplitud de tres de los músculos. De forma general, los multifidos disminuyen su amplitud, con hasta un 8,8 %.

Tabla 2.
Análisis cuantitativo de las variables clínicas (UDP, NPRS; discapacidad y kinesiophobia)

SUJETOS		1	2	3	M
UDP D (Kg/cm ²)	Pre	1,75	3	1,5	2,08
	Post	3,25	4,5	3,5	3,75
	% Var	46,15	33,33	57,14	44,53
UDP I (Kg/cm ²)	Pre	1,5	3	2,5	2,33
	Post	2,25	4,5	3,75	3,5
	% Var	33,33	33,33	33,33	33,33
NPRS	Pre	10	10	6	8,67
	Post	10	1	6	5,67
	% Var	0	-90	0	-30
ROLAND MORRIS	Pre	9	4	5	6
	Post	7	0	5	4
	% Var	-22,22	-100	0	-40,73
TAMPA TSK-11	Pre	26	20	31	25,67
	Post	29	20	34	27,67
	% Var	10,35	0	8,82	6,39

UDP: Umbral de dolor por presión; %: % variabilidad; M: media; S: sujeto; Pre y Post: antes y después de realizar el tratamiento; Kg: kilogramos; cm: centímetros; D: derecho; I: izquierdo

En la Tabla 2, se observa que tras el tratamiento el umbral de dolor a la presión medido con algómetro aumentó en un 44,53 % para el UDP D y un 33,33 % para el UDP. También hubo un descenso medio de la intensidad del dolor, la discapacidad y la kinesiophobia.

Respecto al análisis descriptivo individual de los cambios pre-post en las variables de EMG y clínicas, se obtuvieron los siguientes resultados: en el FFR, tras realizar el programa de ejercicios, uno de los sujetos (sujeto número 2) en el que se observa el silencio electromiográfico, disminuye la puntuación en la escala NPRS y discapacidad, y aumenta el UDP; En el FFR, que los valores medios de RMS disminuyeron, siendo en erectores superiores a multifidos tras la intervención, disminuye la puntuación en escala NPRS y discapacidad, y aumenta los UDPs; En la bipedestación estática, que disminuye la actividad de erectores, en valores de RMS, en el sujeto 1, la puntuación en la escala NPRS se mantiene, la discapacidad y kinesiophobia disminuye.

En el análisis descriptivo individual sobre los cambios pre-post en variables de EMG y clínicas, los resultados obtenidos fueron los siguientes: En el FFR, tras completar el programa de ejercicios, el sujeto número 2 mostró silencio electromiográfico, reducciones en las puntuaciones de la escala NPRS y discapacidad, y un incremento en UDPs. Asimismo, en el FFR se observó que los valores medios de RMS disminuyeron, siendo mayores en los erectores que en los multífidos después de la intervención; al mismo tiempo, bajaron las puntuaciones de NPRS y discapacidad y aumentaron los UDPs. Por otro lado, durante la bipedestación estática, la actividad de los erectores medida por RMS disminuyó en el sujeto 1, la puntuación en NPRS se mantuvo igual, mientras que tanto la discapacidad como la kinesiofobia presentaron una reducción.

DISCUSIÓN

El presente estudio tuvo como objetivo evaluar indicadores basados en EMG, eficientes para objetivar las intervenciones terapéuticas y así tener una aplicabilidad clínica. Por otro lado, evaluar la eficacia de un programa de ejercicio terapéutico sobre variables clínicas como dolor, discapacidad y kinesiofobia.

Tras el programa de ejercicio terapéutico, se encontró que en el FFR dos sujetos presentaban silencio electromiográfico, es decir, buen control lumbo-pélvico; los valores medios de RMS disminuyeron, siendo en erectores mayores que multífidos tras el programa; además, los valores de MCV aumentan en erectores y disminuyen en multífidos; sin embargo, multífidos disminuyen su actividad en la bipedestación estática. También, desciende el dolor, discapacidad y kinesiofobia, y aumenta el UDP.

Por lo que se observa en la bibliografía reciente, está en auge el estudio de la EMG en sujetos con DLC. [Calatayud et al. \(2019\)](#) afirman que la mayoría de los estudios anteriores al suyo que utilizaban la EMG, se realizaron con personas sanas, lo cual limita el estudio adecuado de sujetos con DLCI. Por otro lado, en relación con el tratamiento del DLC, son diversas las técnicas, aunque la mayoría de la investigación reciente se centra en programas de ejercicio terapéutico.

A este respecto, [Suh et al. \(2019\)](#), en su estudio con 60 sujetos con DLC, sugieren que tanto el caminar como los ejercicios de estabilización lumbar (ejercicio de estabilidad cruzada en decúbito supino y cuadrupedia, curl-up, puente de hombros, plancha frontal y lateral o el ejercicio de flexibilización lumbar) deberían recomendarse a estos pacientes porque además de aliviar el dolor de espalda, lo previene.

Por su parte, [Kanas et al. \(2018\)](#) en su estudio con 30 sujetos con DLCI también incluyeron actividad aeróbica (caminar o bicicleta estática) y ejercicios de

estabilización lumbar (como plancha frontal y lateral o puente de hombros), además de estiramientos. Concluyeron que fue efectivo para mejorar los niveles de dolor, la capacidad funcional y la calidad de vida. Además, [Suní et al. \(2018\)](#) mostraron resultados alentadores sobre la efectividad de las intervenciones multidisciplinarias entre el personal de enfermería con DL; al igual que los dos anteriores, incluía la realización de ejercicios de estabilización lumbar.

En relación con el análisis cualitativo en el FFR, [Qiao et al. \(2019\)](#) afirman que es positivo que los multifidos tengan menor activación en el momento de flexión y extensión pues deben actuar como estabilizadores. Es decir, erectores son los que más unidades motoras deben reclutar, pues actúan en excéntrico. Esto se evidenció en dos de los sujetos de este estudio tras su reevaluación. Otro aspecto importante a observar en este estudio es que la amplitud de activación de los erectores es mayor en el momento de extensión que en el de flexión. Esto es positivo y algo normal porque los espinales en el momento de flexión actúan en excéntrico y en el momento de extensión, en concéntrico.

Durante la bipedestación estática, [Azghani et al. \(2019\)](#) afirman que la función de los músculos erectores de la columna vertebral es mantener la posición espinal erguida. En el presente estudio se observa mayor actividad de estos músculos. Sin embargo, [Qiao et al. \(2019\)](#) afirma que debe haber menor actividad de los espinales frente a los multifidos, pues los multifidos son músculos estabilizadores y los espinales dinámicos. El estudio de [Panjabi, \(2003\)](#) indica que los sujetos con DLC tienen un sistema de control muscular menos eficiente con una capacidad disminuida para proporcionar la estabilidad; es decir, tras el tratamiento estos sujetos deberían mantener la postura con el mínimo gasto energético, esto ocurre en los tres sujetos, ya que la amplitud se sitúa dentro de los límites de relajación (0-10 %) y, por tanto, conserva la postura bípeda con mayor eficiencia neuromuscular, disminuyendo las sobreexcitaciones de erectores existentes antes del tratamiento.

Cabe añadir que, durante el FFR, la reducción de los valores en el RMS nos lleva a pensar en una mejora de la eficiencia neuromuscular. Además, los valores de MCV aumentan en erectores y disminuyen en multifidos, algo positivo, pues, ante un gesto voluntario la máxima contracción aumenta después del tratamiento para reclutar más unidades motoras, encontrándose dentro de los límites de fuerza (40-75 %). Esto mismo ocurre en la bipedestación estática.

No se observaron cambios clínicos relevantes en la intensidad del dolor, similar a lo reportado por [Arokoski et al. \(2004\)](#), quienes tampoco registraron variaciones tras

el programa de ejercicios. Los valores obtenidos con el algómetro aumentaron hasta 2 Kg/cm² en los tres participantes, coincidiendo con [Greene et al. \(2019\)](#), que señalan que personas con DL presentan menor UDP comparadas con sujetos sanos. [Qiao et al. \(2019\)](#) no halló relación entre la distancia dedo-suelo o EVA y los valores RMS según EMG, resultado alineado con [Macedo et al. \(2019\)](#), quien tampoco identificó una asociación significativa entre reducción de dolor/discapacidad y aumento de RMS en erectores.

Sin embargo, aunque el tamaño muestral impide establecer significancia estadística, algunos de los cambios observados podrían considerarse clínicamente relevantes. Por ejemplo, se ha reportado que una reducción de dos puntos en la escala NPRS puede representar un cambio clínicamente significativo en dolor lumbar crónico. En nuestro estudio, uno de los participantes redujo nueve puntos, lo cual sugiere un impacto sustancial. De igual manera, la mejora en el umbral de dolor a la presión (UDP) superior a 1 kg/cm² podría indicar un cambio sensorial relevante. Estas observaciones refuerzan la potencial utilidad clínica del protocolo aplicado, aunque deben confirmarse en estudios con mayor tamaño muestral.

Además de los hallazgos cuantitativos, es relevante valorar la aplicabilidad y seguridad del protocolo implementado. El protocolo aplicado fue bien tolerado por las personas participantes, sin reportarse lesiones ni efectos adversos. Esto sugiere una buena seguridad y aplicabilidad clínica, aspectos clave en el contexto de estudios piloto.

En cuanto a la relevancia clínica de los cambios, no solo el dolor mostró mejorías que podrían considerarse significativas (reducción ≥ 2 puntos en NPRS), sino también el umbral de dolor a la presión (UDP), que aumentó en promedio más de 1 kg/cm², valor que podría considerarse relevante en poblaciones con dolor lumbar. Respecto a la discapacidad funcional (cuestionario Roland Morris), aunque uno de los sujetos redujo 100 % su puntuación, otros mostraron cambios menores. En la escala TAMP (TSK-11), las reducciones fueron modestas, lo cual indica que la kinesiofobia podría requerir intervenciones complementarias, como educación en neurociencia del dolor. Estas observaciones refuerzan el interés clínico del enfoque evaluado, aunque se necesita confirmación en estudios más amplios.

1. Implicaciones prácticas y clínicas

Una de las primeras líneas de tratamiento conservador para el DLCI es el ejercicio activo, demostrándose eficaz en variables clínicas como la intensidad del dolor, la discapacidad lumbar o kinesiofobia. La utilización de la EMG como método de valoración y evolución en estas personas pacientes permiten objetivar y orientar las intervenciones

terapéuticas. No obstante, hay que ser prudentes con los resultados por el pequeño tamaño muestral y la inexistencia de un grupo control.

2. Limitaciones y líneas futuras

El escaso tamaño muestral y la falta de un grupo control no permiten generalizar los resultados obtenidos. Son necesarios futuros estudios que controlen estas limitaciones y permitan llegar a validar indicadores basados en EMG útiles como método de valoración en las intervenciones terapéuticas en sujetos con DLC.

3. Conclusión

Los valores de RMS y MCV, así como el silencio electromiográfico en el FFR podrían ser indicadores de EMG útiles para objetivar y cuantificar las intervenciones terapéuticas en sujetos con DLC, con potencial de aplicabilidad clínica. Además, el protocolo de evaluación y tratamiento fue bien tolerado por las personas participantes, sin reportarse efectos adversos, lo cual sugiere una buena seguridad y viabilidad metodológica. Estos hallazgos refuerzan su utilidad como base para futuros estudios con mayor tamaño muestral y grupo control, donde puedan confirmarse estos resultados preliminares.

REFERENCIAS

- Arokoski, J. P., Valta, T., Kankaanpää, M. y Airaksinen, O. (2004). Activation of lumbar paraspinal and abdominal muscles during therapeutic exercises in chronic low back pain patients. *Archives of Physical Medicine and Rehabilitation*, 85(5). <https://doi.org/10.1016/j.apmr.2003.06.013>
- Azghani, M. R., Nazari, J., Soz Kapoor, N., Jafarabadi, M. A. y Oskouei, A. E. (2019). Myoelectric activity of individual Lumbar Erector Spinae muscles variation by differing seat pan depth. *International Journal of Occupational and Environmental Medicine*, 10(3). <https://doi.org/10.15171/ijoem.2019.1551>
- Borghuis, J., Hof, A. L. y Lemmink, K. A. P. M. (2008). The importance of sensory-motor control in providing core stability: Implications for measurement and training. En *Sports Medicine* (Vol. 38, Issue 11). <https://doi.org/10.2165/00007256-200838110-00002>
- Calatayud, J., Escriche-Escuder, A., Cruz-Montecinos, C., Andersen, L. L., Pérez-Alenda, S., Aiguadé, R. y Casaña, J. (2019). Tolerability and muscle activity of core muscle exercises in chronic low-back pain. *International Journal of Environmental Research and Public Health*, 16(19). <https://doi.org/10.3390/ijerph16193509>

- Eash, J., Olsen, A., Breur, G., Gerrard, D. y Hannon, K. (2007). FGFR1 inhibits skeletal muscle atrophy associated with hindlimb suspension. *BMC Musculoskeletal Disorders*, 8. <https://doi.org/10.1186/1471-2474-8-32>
- Farina, D., Gazzoni, M. y Merletti, R. (2003). Assessment of low back muscle fatigue by surface EMG signal analysis: Methodological aspects. *Journal of Electromyography and Kinesiology*, 13(4). [https://doi.org/10.1016/S1050-6411\(03\)00040-3](https://doi.org/10.1016/S1050-6411(03)00040-3)
- Gómez-Pérez, L., López-Martínez, A. E. y Ruiz-Párraga, G. T. (2011). Psychometric Properties of the Spanish Version of the Tampa Scale for Kinesiophobia (TSK). *The Journal of Pain*, 12(4), 425-435. <https://doi.org/10.1016/J.JPAIN.2010.08.004>
- Greene, R. D., Frey, M., Attarsharghi, S., Snow, J. C., Barrett, M. y De Carvalho, D. (2019). Transient perceived back pain induced by prolonged sitting in a backless office chair: are biomechanical factors involved? *Ergonomics*, 62(11). <https://doi.org/10.1080/00140139.2019.1661526>
- Hoffmann, T. C., Glasziou, P. P., Boutron, I., Milne, R., Perera, R., Moher, D., Altman, D. G., Barbour, V., Macdonald, H., Johnston, M., Lamb, S. E., Dixon-Woods, M., McCulloch, P., Wyatt, J. C., Chan, A.-W. y Michie, S. (2014). Better reporting of interventions: template for intervention description and replication (TIDieR) checklist and guide. *BMJ (Clinical Research Ed.)*, 348, g1687. <https://doi.org/10.1136/bmj.g1687>
- Kanas, M., Faria, R. S., Salles, L. G., Sorpreso, I. C. E., Martins, D. E., Da Cunha, R. A. y Wajchenberg, M. (2018). Home-based exercise therapy for treating nonspecific chronic low back pain. *Revista Da Associacao Medica Brasileira*, 64(9). <https://doi.org/10.1590/1806-9282.64.09.824>
- Kastelic, K., Voglar, M. y Šarabon, N. (2018). Acute effect of full time office work in real environment on postural actions and lumbar range of motion. *Journal of Electromyography and Kinesiology*, 43. <https://doi.org/10.1016/j.jelekin.2018.09.002>
- Kovacs, F. M., Llobera, J., Gil Del Real, M. T., Abreira, V., Gestoso, M., Fernández, C. y Primaria Group, K.-A. (2002). Validation of the spanish version of the Roland-Morris questionnaire. *Spine*, 27(5), 538-542. <https://doi.org/10.1097/00007632-200203010-00016>
- Luna, E. G., Hanney, W. J., Rothschild, C. E., Kolber, M. J., Liu, X. y Masaracchio, M. (2017). The Influence of an Active Treatment Approach in Patients With Low Back Pain: A Systematic Review. En *American Journal of Lifestyle Medicine* (Vol. 13, Issue 2). <https://doi.org/10.1177/1559827617697273>

- Macedo, L. de B., Richards, J., Borges, D. T., Melo, S. A. y Brasileiro, J. S. (2019). Kinesio Taping reduces pain and improves disability in low back pain patients: a randomised controlled trial. *Physiotherapy (United Kingdom)*, 105(1). <https://doi.org/10.1016/j.physio.2018.07.005>
- Magalhães, M. O., Comachio, J., Ferreira, P. H., Pappas, E., & Marques, A. P. (2018). Effectiveness of graded activity versus physiotherapy in patients with chronic nonspecific low back pain: midterm follow up results of a randomized controlled trial. *Brazilian Journal of Physical Therapy*, 22(1). <https://doi.org/10.1016/j.bjpt.2017.07.002>
- Moher, D., Hopewell, S., Schulz, K. F., Montori, V., Gøtzsche, P. C., Devereaux, P. J., Elbourne, D., Egger, M. y Altman, D. G. (2010). CONSORT 2010 Explanation and Elaboration: updated guidelines for reporting parallel group randomised trials. *BMJ*, 340, c869. <https://doi.org/10.1136/bmj.c869>
- Monticone, M., Ambrosini, E., Rocca, B., Foti, C. y Ferrante, S. (2016). Responsiveness of the Tampa Scale of Kinesiophobia in Italian subjects with chronic low back pain undergoing motor and cognitive rehabilitation. *European Spine Journal*, 25(9). <https://doi.org/10.1007/s00586-016-4682-2>
- Nakai, Y., Kawada, M., Miyazaki, T. y Kiyama, R. (2019). Trunk muscle activity during trunk stabilizing exercise with isometric hip rotation using electromyography and ultrasound. In *Journal of Electromyography and Kinesiology* (Vol. 49). <https://doi.org/10.1016/j.jelekin.2019.102357>
- Owen, P. J., Miller, C. T., Mundell, N. L., Verswijveren, S. J. J. M., Tagliaferri, S. D., Brisby, H., Bowe, S. J. y Belavy, D. L. (2020). Which specific modes of exercise training are most effective for treating low back pain? Network meta-analysis. *British Journal of Sports Medicine*, 54(21), 1279-1287. <https://doi.org/10.1136/bjsports-2019-100886>
- Panjabi, M. M. (2003). Clinical spinal instability and low back pain. *Journal of Electromyography and Kinesiology*, 13(4). [https://doi.org/10.1016/S1050-6411\(03\)00044-0](https://doi.org/10.1016/S1050-6411(03)00044-0)
- Qiao, J., Zhang, S. L., Zhang, J., Feng, D. y Schaller, B. (2019). A study on the paraspinal muscle surface electromyography in acute nonspecific lower back pain. *Medicine (United States)*, 98(34). <https://doi.org/10.1097/MD.00000000000016904>
- Rose-Dulcina, K., Armand, S., Dominguez, D. E., Genevay, S. y Vuillerme, N. (2019). Asymmetry of lumbar muscles fatigability with non-specific chronic low back pain patients. *European Spine Journal*, 28(11). <https://doi.org/10.1007/s00586-019-06140-9>

- Slade, S. C., Dionne, C. E., Underwood, M. y Buchbinder, R. (2016). Consensus on Exercise Reporting Template (CERT): Explanation and Elaboration Statement. *British Journal of Sports Medicine*, 50(23). <https://doi.org/10.1136/bjsports-2016-096651>
- Suh, J. H., Kim, H., Jung, G. P., Ko, J. Y. y Ryu, J. S. (2019). The effect of lumbar stabilization and walking exercises on chronic low back pain: A randomized controlled trial. *Medicine*, 98(26), e16173. <https://doi.org/10.1097/MD.00000000000016173>
- Suni, J. H., Kolu, P., Tokola, K., Raitanen, J., Rinne, M., Taulaniemi, A., Parkkari, J. y Kankaanpää, M. (2018). Effectiveness and cost-effectiveness of neuromuscular exercise and back care counseling in female healthcare workers with recurrent non-specific low back pain: A blinded four-arm randomized controlled trial. *BMC Public Health*, 18(1). <https://doi.org/10.1186/s12889-018-6293-9>
- George, S. Z., Fritz, J. M., Silfies, S. P., Schneider, M. J., Beneciuk, J. M., Lentz, T. A., Gilliam, J. R., Hendren, S. y Norman, K. S. (2021). Interventions for the Management of Acute and Chronic Low Back Pain: Revision 2021. *The Journal of Orthopaedic and Sports Physical Therapy*, 51(11), CPG1-CPG60. <https://doi.org/10.2519/JOSPT.2021.0304>
- Wang, S. Q., Chen, M., Wei, X., Gao, X. X. y Zhao, G. D. (2019). Clinical research on lumbar oblique-pulling manipulation in combination with sling exercise therapy for patients with chronic nonspecific low back pain. *Revista Da Associacao Medica Brasileira*, 65(6). <https://doi.org/10.1590/1806-9282.65.6.886>
- Zhao, L., Manchikanti, L., Kaye, A. D. y Abd-Elsayed, A. (2019). Treatment of Discogenic Low Back Pain: Current Treatment Strategies and Future Options-a Literature Review. *Current Pain and Headache Reports*, 23(11), 86. <https://doi.org/10.1007/s11916-019-0821-x>

AGRADECIMIENTOS

A todas las personas que han aportado su colaboración para el desarrollo de este trabajo.

CONTRIBUCIONES DE LAS PERSONAS AUTORAS

Conceptualización, A. C.-P. y M. D. A. A.; Metodología, A. C. P. y M. D. A. A.; Análisis formal, A. C. P.; J. N. E. y M. D. A. A.; Investigación, A. C. P.; J. N. E. y M. D. A. A.; Recursos, A. C. P. y M. D. A. A.; Tratamiento de datos, A. C. P.; J. N. E. y M. D. A. A.; Redacción-elaboración del borrador original, A. C. P.; J. N. E. y M. D. A. A.; Redacción- revisión

y edición, A. C. P. y M. D. A. A.; Supervisión, A. C. P. y M. D. A. A.; Administración de proyectos, A. C. P. y M. D. A. A. Todas las personas autoras han leído y aceptan la versión publicada del manuscrito.

CONFLICTO DE INTERÉS

Las personas autoras declaran no tener ningún conflicto de interés.

DECLARACIÓN DE FINANCIACIÓN

La presente publicación fue financiada por la ayuda a grupos al Grupo de Investigación PhysioH (CTS046). Junta de Extremadura GR21144.

