

UNIVERSIDAD MIGUEL HERNÁNDEZ
FACULTAD DE MEDICINA
TRABAJO DE FIN DE GRADO EN FISIOTERAPIA.
PLAN 2018



**ANÁLISIS ELECTROMIOGRÁFICO DE LOS MÚSCULOS ERECTORES ESPINALES
TORACOLUMBARES DURANTE LA FLEXIÓN-EXTENSIÓN DEL TRONCO:
ESTUDIO PILOTO OBSERVACIONAL.**

AUTOR: Salas Lafita, Vanesa

TUTOR: Poveda Pagan, Emilio José

Departamento de Patología y Cirugía. Área de fisioterapia

CURSO ACADÉMICO: 2024-2025

ÍNDICE

1. RESUMEN.....	1
1.1 Abstract.....	2
2. INTRODUCCIÓN.....	3
3. OBJETIVOS.....	6
3.1 Objetivo principal.....	6
3.2 Objetivos específicos.....	7
3.3 Pregunta de investigación.....	7
3.4 Hipótesis.....	8
4. MATERIAL Y MÉTODOS.....	9
4.1 Diseño de estudio.....	9
4.2 Participantes.....	9
4.3 Variables de estudio.....	10
4.4 Recogida de datos.....	13
4.5 Análisis estadístico.....	18
5. RESULTADOS.....	20
5.1 Datos descriptivos.....	20
5.2 Datos de la variable resultado.....	20
5.3 Resultados principales.....	22
6. DISCUSIÓN.....	24
6.1 Fortalezas y riesgo de sesgos.....	25
6.2 Limitaciones.....	26
6.3 Futuras investigaciones.....	26
7. CONCLUSIONES.....	27
8. ANEXOS.....	28
9. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	41

ABREVIATURAS:

- LBP: dolor lumbar
- CLBP: dolor lumbar crónico
- NSCLBP: dolor lumbar crónico inespecífico
- sEMG: electromiografía de superficie
- MVC: máxima contracción voluntaria
- EL: erector espinal longuissimus
- EI: erector espinal iliocostal



1. RESUMEN

Introducción: El dolor lumbar (LBP), una de las principales causas de discapacidad a nivel mundial, presenta alta prevalencia y tiende a cronificarse, generando un impacto funcional y socioeconómico relevante. La electromiografía de superficie (sEMG) ha evidenciado alteraciones neuromusculares en la musculatura paraespinal, aunque los resultados siguen siendo inconsistentes.

Objetivo: Evaluar la actividad electromiográfica de los músculos erectores espinales lumbares en sujetos sanos durante el movimiento dinámico de flexo-extensión del tronco, con el fin de identificar patrones de activación muscular y su estabilidad intrasesión.

Metodología: Catorce sujetos sanos realizaron tres mediciones intrasesión del gesto de flexo-extensión en bipedestación. Se registró la actividad muscular de los músculos iliocostal y longuísimo mediante sEMG, normalizada al % de contracción voluntaria máxima (MVC).

Resultados: El análisis ANOVA de medidas repetidas mostró diferencias significativas en la actividad muscular entre los distintos rangos de movimiento ($p < .0001$), con mayor activación en la fase media. No se observaron variaciones significativas entre las tres ejecuciones intrasesión ($p > .05$).

Conclusión: El protocolo resulta fiable y permite establecer valores de referencia en sujetos sanos. Se identificó un patrón estable y fisiológicamente coherente de activación muscular, lo que lo convierte en una herramienta útil para comparaciones clínicas futuras en poblaciones con LBP.

Palabras clave: Electromiografía de superficie (sEMG) – Dolor lumbar (LBP) – Músculos erectores espinales — Flexión-extensión del tronco — Rango de movimiento lumbar.

1.1 ABSTRACT

Introduction: Low back pain (LBP), one of the leading causes of global disability, has high prevalence and a tendency to become chronic, causing significant functional and socioeconomic impact. Surface electromyography (sEMG) has shown alterations in paraspinal muscle activity, though findings remain inconsistent.

Objective: To assess the electromyographic activity of lumbar erector spinae muscles in healthy individuals during dynamic trunk flexion-extension, aiming to identify muscle activation patterns and their intrasession stability.

Methods: Fourteen healthy subjects performed three intrasession trials of trunk flexion-extension in standing position. Muscle activity of the iliocostalis and longissimus was recorded using sEMG and normalized to %MVC.

Results: Repeated measures ANOVA revealed significant differences in muscle activation across motion ranges ($p < .0001$), with peak activation in the mid-range phase. No significant differences were found between the three intrasession trials ($p > .05$).

Conclusion: The protocol is reliable and provides reference values for healthy individuals. A stable and physiologically consistent muscle activation pattern was identified, supporting its utility for future clinical comparisons in LBP populations.

Keywords: Surface electromyography (sEMG) – Low back pain (LBP) – Erector spinae muscles – Trunk flexion-extension – Lumbar range of motion.

2. INTRODUCCIÓN

El dolor lumbar (LBP), una de las principales causas de discapacidad a nivel mundial, afecta a más del 80% de las personas [1]. En 2021, el 7,7% de la población mundial experimentó dolor lumbar que limitó su actividad, lo que afectó a 702 millones de personas en algún momento de ese año [2]. La intensidad y la discapacidad derivadas del LBP se asocian con una variedad de factores, entre los que destacan los elementos psicológicos, sociales, biofísicos, las comorbilidades existentes y los mecanismos de procesamiento del dolor [3]. Si bien la mayoría de los pacientes con LBP experimentan una mejoría dentro de las primeras 6 semanas tras un episodio agudo [4], alrededor del 70% sufre una recurrencia al año siguiente [5], y un 40% desarrolla dolor lumbar crónico (CLBP) [2, 4]. No obstante, en el 85-90% de los casos no se identifica la etiología precisa del LBP, clasificando a estos pacientes con dolor lumbar inespecífico o mecánico [6]. De este grupo, un 10% evoluciona hacia el dolor lumbar crónico inespecífico (NSCLBP), generando una elevada carga socioeconómica [3], cifrada en los países europeos entre el 0,1% y el 2% del producto interno bruto [7].

La biomecánica, encargada de analizar el movimiento corporal, ha mostrado patrones anómalos e ineficientes en pacientes con CLBP que inciden negativamente en la carga espinal [8]; no obstante, se desconocen los mecanismos disfuncionales compensatorios [9]. Estudios previos resaltan la relevancia de dos categorías para la medición objetiva de la función biomecánica lumbar: la primera categoría se relaciona con aspectos de la cinemática lumbar (rango, calidad funcional, control motor y velocidad angular del movimiento), evaluados de forma multisegmentaria mediante tareas cotidianas [10, 11], que resultan consistentemente disminuidos en esta población [12]; la segunda categoría se relaciona con el nivel de actividad de los músculos erectores de la columna durante movimientos dinámicos. Aunque la fiabilidad de las medidas de fatiga para estos músculos es conocida [13, 14], se carece de datos sobre la fiabilidad del nivel de actividad durante las actividades de la vida diaria [15].

La flexión espinal, un movimiento común en las actividades diarias y laborales, es un factor clave en el inicio del LBP y una causa frecuente de dolor y re-lesiones en individuos afectados [16]. Diversos estudios [17-19], han relacionado el deterioro de la cinemática lumbopélvica en pacientes con CLBP con la reducción del rango de movimiento lumbar, sobre todo en el plano sagital [17], con la disminución de la velocidad angular y la alteración de la propiocepción en la precisión de la posición-reposición [18,

19]. En este contexto, la investigación biomecánica del movimiento de flexión de la columna vertebral puede ser valiosa para evaluar y cuantificar el deterioro funcional asociado al LBP.

Por otro lado, la evaluación mediante electromiografía de superficie (sEMG) de la musculatura paraespinal (iliocostal, longísimo y multifido lumbar) ha revelado alteraciones neuromusculares en pacientes con NSCLBP en comparación con sujetos sanos [15]. La sEMG es una técnica que registra señales bioeléctricas resultantes de la despolarización de células excitables en tejidos orgánicos [20]. Su interpretación se basa en el análisis de las propiedades del potencial de acción de las fibras musculares, los fenómenos de conducción de volumen y el patrón de reclutamiento de las unidades motoras [21]. La sEMG se aplica para evaluar la actividad muscular en respuesta a tareas definidas [22] y, presenta utilidad en diversos dominios como la rehabilitación, la valoración de la función muscular y la monitorización biomecánica en el entorno laboral [23].

Entre los parámetros electromiográficos estudiados, el fenómeno de relajación en flexión ha demostrado ser un biomarcador válido de la actividad muscular en pacientes con NSCLBP [24]. En el 50% de esta población, dicho fenómeno se encuentra alterado, caracterizándose por la persistencia de actividad muscular espinal durante la flexión total del tronco [25]. Esta persistencia refleja la disfunción de los músculos extensores para alcanzar un estado de relajación que permita a los componentes pasivos de la columna vertebral (discos intervertebrales, ligamentos, fascia) soportar el momento de flexión [26]. Asimismo, la disfunción en el control del movimiento lumbar puede resultar en una pérdida de equilibrio y una actividad muscular anómala en los músculos paravertebrales lumbares, con efectos a largo plazo que incluyen un aumento de la discapacidad y el dolor [27].

Aún así, el conocimiento actual sobre el control motor, analizado mediante sEMG en pacientes con LBP, carece de la consistencia necesaria para identificar un patrón de activación muscular específico que promueva el desarrollo del dolor. No obstante, la mayoría de los estudios actuales de sEMG exploran la relación cinemática entre la discapacidad, la actividad muscular y los factores de dolor en pacientes con NCLBP en comparación con controles, mediante tareas funcionales [28-30] y, a menudo demuestran una mayor actividad electromiográfica en pacientes con LBP durante movimientos dinámicos. La revisión de Wernli et al. [31] subraya la incertidumbre en estos hallazgos al revelar una escasa

correlación individual entre los cambios en el movimiento y las variaciones en el dolor o la limitación de la actividad.

Actualmente, la literatura ofrece resultados inconsistentes sobre las diferencias biomecánicas y electromiográficas en la actividad de la musculatura erectora entre pacientes con LBP y sujetos sanos [32]. Además, no se ha establecido una relación objetiva entre el porcentaje medio de actividad muscular y la función biomecánica del raquis. Por lo tanto, el objetivo de este protocolo observacional es demostrar la existencia de una relación de normalidad entre los porcentajes de actividad electromiográfica y el rango de movimiento en sujetos sanos durante el movimiento dinámico de flexión y extensión del tronco en bipedestación.



3. OBJETIVOS

3.1 *Objetivo principal*

Valorar y analizar, durante el segundo semestre del curso académico 2024-2025, la actividad electromiográfica de los músculos erectores espinales lumbares (iliocostal y longuísimo) en sujetos sanos, a lo largo de tres mediciones intrasesión del movimiento de flexión-extensión del tronco en bipedestación, con el fin de describir el patrón de activación muscular y su estabilidad en condiciones controladas.

Según las características SMART, el objetivo es:

- **S** (Específico): indica qué se va a hacer, con qué método, en qué grupos musculares, durante qué clase de movimiento y con qué tipo de sujetos
- **M** (Medible): la electromiografía permite obtener datos cuantificables (amplitud de señal, frecuencia...) sobre la actividad eléctrica de la musculatura.
- **A** (Alcanzable): se dispone de dos equipos de sEMG y material necesario (*Anexo 1*) para las valoraciones del curso 2024-2025, así como las instalaciones de la Universidad Miguel Hernández (UMH) en el campus de Sant Joan d'Alacant para desarrollar el TFG.
- **R** (Relevante): el análisis de activación muscular tiene aplicaciones clínicas, ergonómicas y deportivas.
- **T** (Temporal): principalmente se delimita al segundo semestre del curso. Aunque, tras analizar los valores de referencia en sujetos sanos, se pretende ampliar las mediciones electromiográficas a individuos con dolor lumbar crónico. En consecuencia, tal como se indica en el cronograma (*Anexo 2*), la recogida de datos se prolongará hasta finales de año o el tiempo necesario para alcanzar el tamaño muestral obtenido en la presente prueba piloto.

3.2 Objetivos específicos

1. Comparar la activación muscular entre las fases concéntrica y excéntrica del movimiento toracolumbar en bipedestación.
2. Determinar la relación entre la actividad electromiográfica y el rango articular lumbar durante la tarea dinámica de flexión-extensión.
3. Evaluar la variabilidad intrasesión de la actividad muscular a lo largo de tres mediciones del mismo gesto.
4. Cuantificar la actividad electromiográfica media de los músculos erectores espinales en función del rango de movimiento y de la fase (concéntrica o excéntrica) del gesto de flexo-extensión del tronco.

3.3 Pregunta de investigación

¿Cuál es la variabilidad de los porcentajes de actividad media de la musculatura paraespinal en individuos sanos, medidos mediante sEMG a lo largo de tres mediciones intrasesión durante la flexión-extensión del tronco en distintos rangos de movimiento lumbar?

P (Paciente/problema/población): Individuos sanos

I (Intervención): Medición, en una misma sesión, de la actividad de la musculatura paraespinal mediante sEMG durante tres ensayos de flexo-extensión del tronco.

C (Comparación): en esta primera fase del estudio, únicamente estamos analizando a sujetos sanos con el objetivo de obtener valores normativos o de referencia, para posteriormente ampliar la muestra del estudio a sujetos con dolor lumbar crónico.

O (Outcomes/resultados): análisis de la variabilidad de los porcentajes de actividad muscular media en los distintos rangos de movimiento lumbar a lo largo de tres mediciones.

T (Tiempo): tres mediciones electromiográficas intrasesión.

3.4 Hipótesis

“En individuos sanos, los porcentajes de actividad media de la musculatura paraespinal medidos mediante sEMG presentan una variabilidad baja entre tres mediciones intrasesión, mostrando un patrón consistente de activación según el rango de movimiento lumbar, con mayores niveles de activación en los rangos intermedios del movimiento durante la fase concéntrica de la flexo-extensión del tronco”



4. MATERIAL Y MÉTODOS

4.1 *Diseño del estudio*

El presente estudio piloto, con un diseño observacional descriptivo transversal prospectivo y desarrollado según las pautas de la guía STROBE para la divulgación de estudios observacionales (*Anexo 3*) [33], tiene como propósito describir las características de la variable electromiográfica en una muestra reducida, evaluar la viabilidad y los procedimientos del protocolo, y obtener una estimación preliminar de la variabilidad de las señales sEMG para fundamentar el cálculo del tamaño muestral del estudio principal. En relación con el objetivo principal describir el patrón de activación muscular durante la flexo-extensión del tronco y su estabilidad en condiciones controladas, este ensayo observacional se compone de un único grupo control.

El protocolo inicial de estudio observacional, que ha sido aprobado por el Comité de Ética de la Oficina de Investigación Responsable de la UMH con el código COIR: TFG.GFI.EJPP.VSL.250211 (*Anexo 4*), se implementó para la recogida de datos de la muestra piloto durante los meses de febrero y marzo de 2025 (*Anexo 2*). Exploración se realizó en las instalaciones de la Universidad Miguel Hernández, específicamente en el edificio de laboratorios 2B del campus de San Juan de Alicante.

4.2 *Participantes*

Los sujetos del estudio se reclutaron a través de la propia Universidad Miguel Hernández, mediante invitaciones por correo electrónico o contactos a través de redes sociales. Aquellos que accedieron a participar voluntariamente, tras ser informados del procedimiento de investigación (*Anexo 5*), debían cumplir los criterios detallados en la *Tabla 1*.

Tabla 1. Criterios de inclusión/exclusión

Criterios de inclusión	Criterios de exclusión
<ul style="list-style-type: none"> - Sujetos sanos. - Edad: 18-50 años. - Ambos sexos. - Ángulo de flexión del rango de movimiento lumbar inferior (L5-S1) mayor de 50 grados [15] - Ángulo de flexión del rango de movimiento lumbar superior (T12-L1) mayor de 90 grados [15]. 	<ul style="list-style-type: none"> - Individuos con diagnósticos de ciática, hernia lumbar, espondilolistesis, artrosis, estenosis vertebral, tumores espinales o fracturas vertebrales. - Individuos con dolor lumbar crónico inespecífico. - Individuos con dolor lumbar agudo o dolor en la zona lumbar durante la prueba. - Heridas o intervenciones quirúrgicas recientes que impidan el correcto desarrollo del protocolo. - Pacientes que no hayan firmado el consentimiento informado previo a la prueba.

4.3 Variables del estudio

Una variable dependiente (**Tabla 2**), dos variables control (**Tabla 3**) y cinco variables independientes (**Tabla 4**).

Tabla 2. Características variable dependiente

Variable	Tipo de variable	Definición	Método/instrumento de medición	Unidad/escala de medida
Actividad eléctrica	Variable dependiente cuantitativa continua	Actividad electromiográfica de la musculatura paraespinal	sEMG con electrodos adhesivos	Microvoltios (μV)

Tabla 3. Características variable control

Variable	Tipo de variable	Método/instrumento de medición	Umbral	Unidad/escala de medida
Rango de movimiento articular lumbar inferior (L5-S1)	Variable cuantitativa continua	Goniómetro digital	Mayor de 50	Grados ($^{\circ}$)
Rango de movimiento articular lumbar superior	Variable cuantitativa continua	Goniómetro digital	Mayor 90	Grados ($^{\circ}$)

Tabla 4. Características variables independientes

Variable	Tipo de variable	Método/instrumento de medición	Unidad/escala de medida
Sexo	Variable cualitativa nominal	Cuestionario	M=hombre, F=mujer
Edad	Variable cuantitativa discreta	Cuestionario	Años
Dominancia	Variable cualitativa nominal	Cuestionario	D=diestra, Z=zurda
Altura	Variable cuantitativa continua	Cuestionario	Cm
Peso	Variable cuantitativa continua	Cuestionario	Kg

4.4 Recogida de datos

La recolección de datos del estudio piloto se dividió en dos sesiones como se detalla en la *Figura 1*.

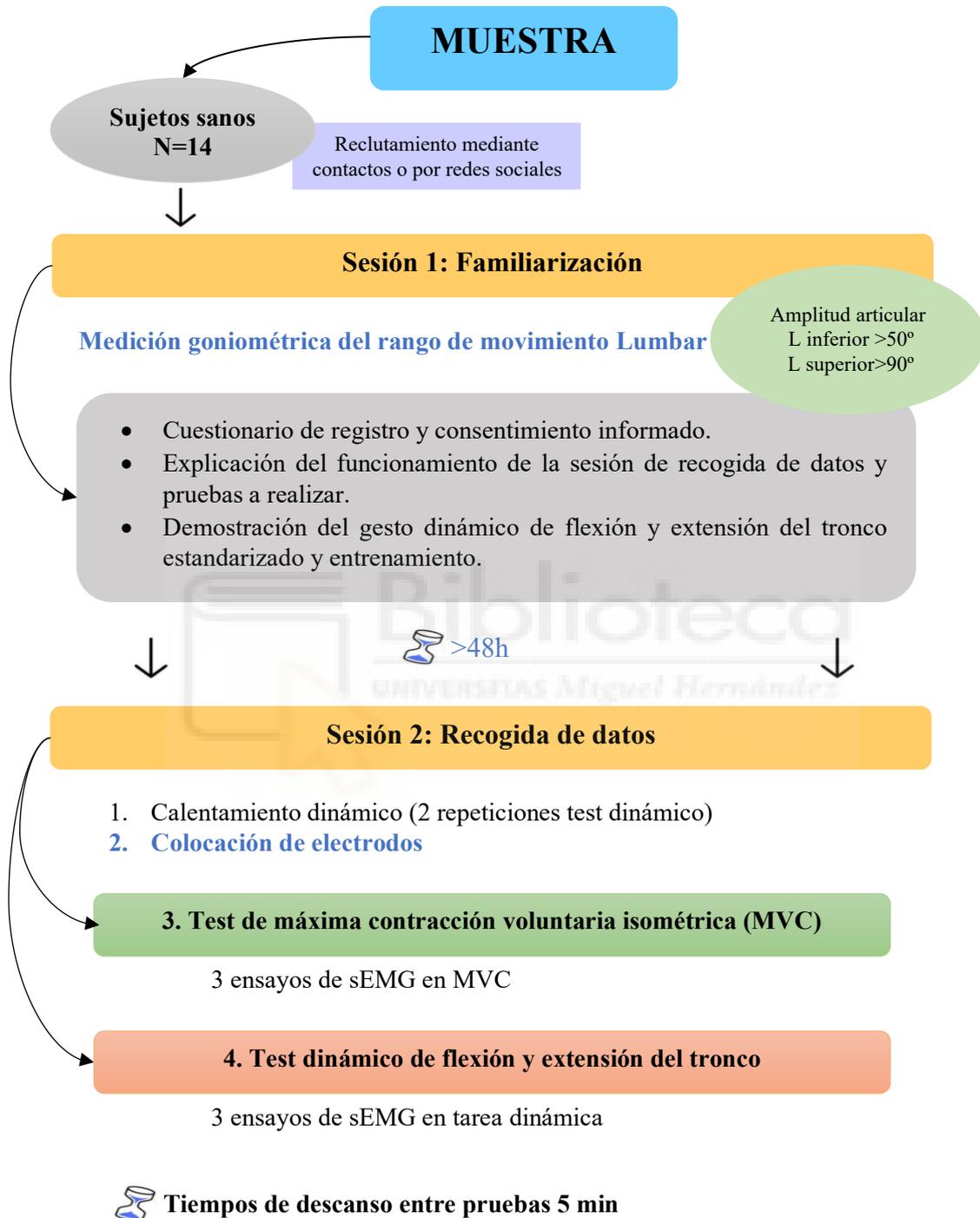


Figura 1. Diseño del protocolo de estudio

Sesión 1: Familiarización

En la primera sesión, tras revisar los criterios de inclusión y exclusión y las variables control del estudio, se informó verbalmente a los sujetos del procedimiento a seguir. Simultáneamente, se les entregó la hoja de información al paciente (*Anexo 5*), el consentimiento informado (*Anexo 6*) y el cuestionario de registro (*Anexo 7*). Finalmente, se les instruyó a la correcta ejecución del gesto activo de flexión-extensión del tronco, utilizando apoyo audiovisual y feedback del fisioterapeuta para el ensayo dinámico. Las sesiones iniciales se realizaron por parejas, con una duración aproximada de 20 minutos. La valoración del rango articular lumbar (variable control) se realizó mediante el sistema de goniometría digital Active Force 2 ®, un dispositivo que combina dinamometría e inclinometría. Para la medición del ángulo de flexión de la región lumbar inferior (L5-S1) [15], mayormente implicada en ejercicios de flexión hacia delante y levantamiento [30], se situó el inclinómetro entre las últimas vértebras lumbares y el inicio del sacro. En cambio, para la evaluación del rango articular de la lumbar superior (T12-L1) [15], que presenta mayor movilidad en comparación con la lumbar inferior, el dispositivo se colocó en la región toracolumbar.



Figura 2. Posición del dispositivo de goniometría para la medición del rango articular lumbar

Para normalizar la velocidad del movimiento en el test dinámico, y en línea con los objetivos del análisis electromiográfico, se empleó un metrónomo a 35 pulsos por minuto (BPM). Este metrónomo guio la velocidad de las fases del movimiento de flexo-extensión del tronco, estableciendo una correspondencia con intervalos del rango articular. El protocolo de movimiento dinámico se dividió en cinco fases de movimiento con una duración de 5 segundos por ciclo, es decir, a un ritmo de 35 BPM cada ciclo estaba compuesto de 3 pulsos de metrónomo:

1ª Fase: los participantes descalzos permanecieron en bipedestación, con el lado dominante cerca de la pared.

2ª Fase (excéntrica): comenzó con el cuarto pulso del metrónomo, momento en el que se inclinaron hacia delante siguiendo un movimiento segmentario en flexión de la columna desde la región cervical, acompañada de la torácica y, por último, la lumbar.

3ª Fase (isométrica): alcanzado el rango máximo de flexión del tronco, inició el ciclo de isometría, en el cual los músculos erectores espinales están relajados.

4ª Fase (concéntrica): inició con el décimo pulso de la prueba, donde activaron concéntricamente la musculatura evaluada desde la posición de máximo estiramiento con el movimiento en extensión del raquis desde la región lumbar, seguida de la torácica y, finalizando con la movilidad cervical.

5ª Fase: Al alcanzar la posición vertical de partida, los sujetos mantuvieron la bipedestación hasta agotarse el tiempo de medición.

Sesión 2: Registro de datos

La segunda sesión se estructuró de la siguiente manera: calentamiento, colocación de los electrodos, test de máxima contracción voluntaria isométrica (MVC) y prueba dinámica de flexión y extensión del tronco. En comparación con la sesión inicial, el siguiente ensayo contaba con un mayor número de exploraciones y descansos intercalados, que ampliaron la duración a 40 minutos por pareja de individuos.

La evaluación de la actividad eléctrica muscular se desarrolló mediante el sistema de sEMG portátil mDurance ®, dispositivo científicamente validado para medir la actividad muscular durante contracciones isocinéticas en un amplio espectro de velocidades [34]. El sistema de sEMG cuenta con una doble unidad de sensores bipolares Shimmer3 de conexión bluetooth, que emplea dos pares de electrodos de 10 mm de diámetro y una distancia entre electrodos de 20 mm por unidad para la medición. Asimismo, cada Shimmer3 está compuesto por dos canales de sEMG, con una frecuencia de muestreo de 1.024 Hz, y una toma de tierra. Shimmer aplica un ancho de banda de 8,4 kHz, la resolución de la señal EMG es de 24 bits y la amplificación global de 100–10.000 V/V.

Siguiendo las pautas europeas SENIAM [35] para la evaluación muscular mediante sEMG, se colocaron bilateralmente electrodos en el erector espinal longuísimo (EL) y el erector espinal iliocostal (EI) a nivel toracolumbar. Tras afeitar y limpiar la piel con alcohol al 70%, se situó un par de electrodos desechables de Ag/AgCl pre-gelificados en dirección a las fibras de cada vientre muscular.

Según el protocolo de colocación de electrodos que establece la marca mDurance (**Figura 3**):

- EL: A dos dedos de separación con respecto al surco vertebral, a la altura de L1.
- EI: A un dedo medial de distancia desde la línea de la EIPS al punto más bajo de la costilla inferior, a nivel de L2.

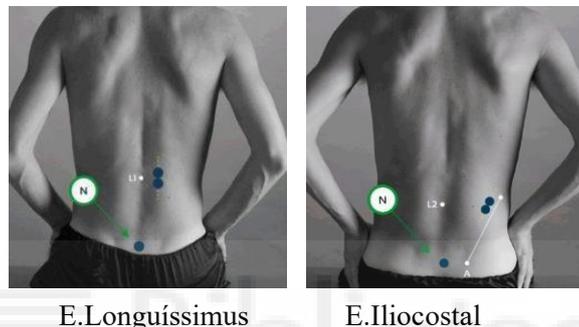


Figura 3. Posición de los electrodos para la evaluación de la musculatura paraespinal. Imágenes obtenidas de la aplicación mDurance.

Tras la aplicación de los electrodos, y con el objetivo de extraer valores de referencia como porcentaje de la actividad muscular durante la flexo-extensión de tronco, se realizó la normalización de la musculatura evaluada a la MVC isométrica [34]. Para ello, los participantes realizaron tres ensayos de 5 segundos de extensión isométrica máxima del tronco en la posición del test de Biering-Sorensen [36], con resistencia manual aplicada sobre la parte superior de la caja torácica. Durante estos ensayos, se les animó verbalmente a efectuar la mayor fuerza posible sin apoyo anterior para mantener el tronco horizontal con los brazos cruzados sobre el pecho (**Figura 5**). Se dejó 5 minutos de descanso entre los ensayos para minimizar la fatiga muscular. En consecuencia, la señal electromiográfica máxima registrada para cada músculo durante cualquiera de las tres pruebas isométricas se definió como la MVC y se empleó para normalizar los datos electromiográficos en las posteriores pruebas dinámicas.



Figura 5. Medición de la máxima contracción voluntaria isométrica (MVC)

Para la medición del gesto dinámico, los sujetos permanecieron descalzos en una postura bípeda, con la espalda erguida y los pies alineados, siguiendo el eje central a la altura de los hombros. Asimismo, para prevenir la restricción del movimiento ocasionada por el acortamiento de la cadena posterior del muslo o por tensión neural, se verificó que el ángulo de la flexión de la rodilla se mantuviese en 15° para todos los participantes.

Los sujetos realizaron el intento dinámico, tal como se les describe en la ‘**sesión 1: familiarización**’, mientras que el evaluador, mediante marcadores, indicó y revisó el inicio de las fases excéntrica y concéntrica del movimiento en la gráfica de actividad electromiográfica del EL y EI de la aplicación mDurance®.

En suma, por cada sujeto, se registraron 3 ensayos isocinéticos, entre los que se proporcionaron 5 minutos de descanso para minimizar interferencias de los efectos de la fatiga muscular.

Para analizar los datos de la variable resultado (sEMG), se realizó un procesamiento inicial de las señales de la EMG brutas (**Figura 6**), cambiándose la ventana temporal de dinámica (0.25s) a rápida (0.05s) y la distribución de la actividad muscular a porcentajes normalizados a la MVC del test isométrico. Adicionalmente, con la función de ciclos del software privado mDurance®, se extrajeron para cada

medición los porcentajes medios de actividad muscular en tres ventanas de movimiento (inicio, medio y final) durante las fases excéntricas y concéntricas a una hoja de cálculo.

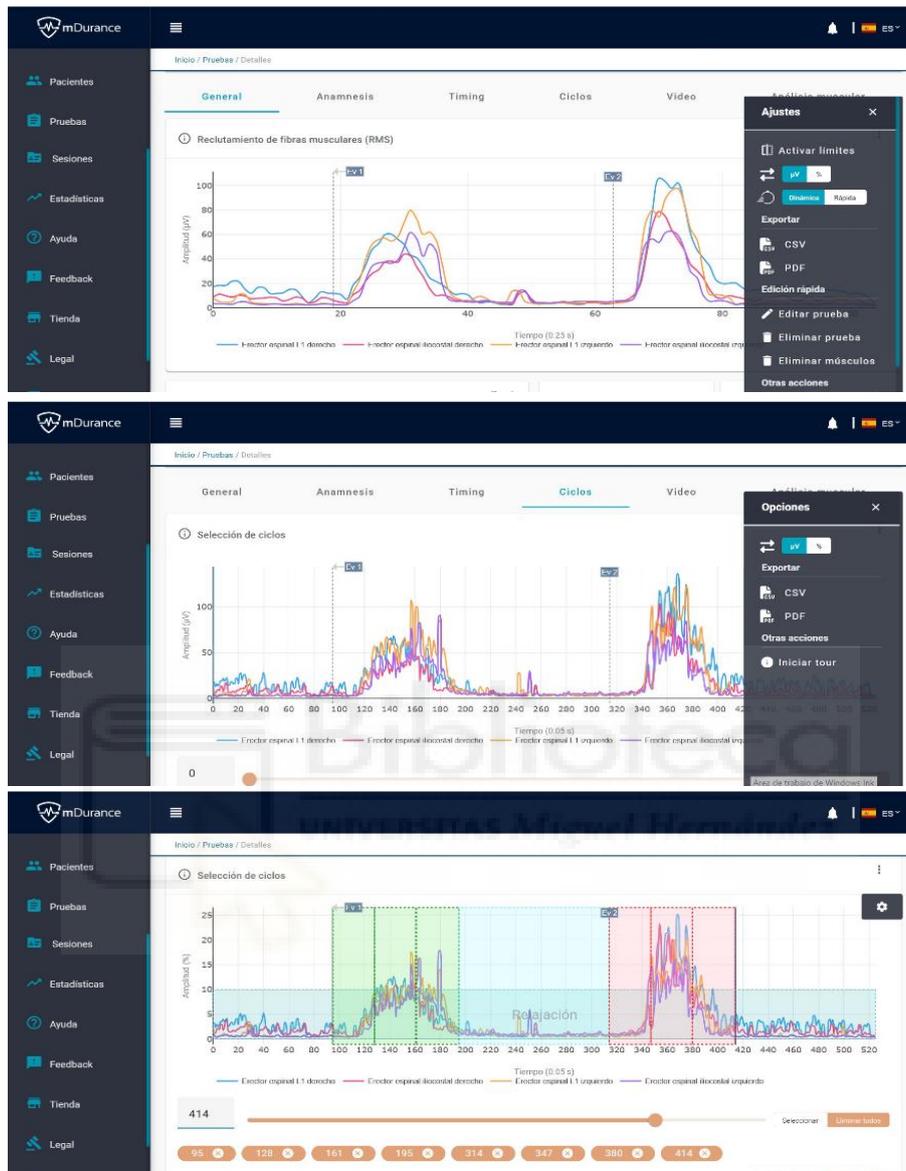


Figura 6. Procesamiento inicial de las señales de EMG por ciclos de movimiento. Imagen obtenida de la aplicación mDurance.

4.5 Análisis estadístico.

Para asegurar la representatividad de la población de estudio, el cálculo del tamaño muestral se realizó con G*Power 3.1, partiendo del presente estudio piloto con 14 sujetos. Considerando un nivel de significación de 0.05, una potencia estadística del 80%, un tamaño del efecto medio ($f=0.25$) y una correlación entre medidas de 0.5, se determinó que se necesitaban 28 sujetos.

El análisis descriptivo de las variables independientes cualitativas se resume mediante frecuencias absolutas y porcentajes, mientras que las variables independientes cuantitativas se describen mediante medias y desviaciones estándar.

Para determinar la distribución de las variables cuantitativas, se empleó la prueba de normalidad de Shapiro-Wilks, indicada para muestras pequeñas o moderadas. En caso de muestras muy grandes, se podría utilizar la prueba de Kolmogorov-Smirnov.

Con el objetivo de estudiar la variación de la proporción de la variable resultado (sEMG) durante los tres ensayos de los sujetos, se recurrió a un ANOVA de medidas repetidas con dos factores intrasujeto: medida (3 niveles) y tiempo (3 niveles). En cambio, de no cumplirse el supuesto de normalidad, se aplicaría la prueba no paramétrica de Friedman para medidas repetidas.

Se considerarán significativas las diferencias asociadas a una $p < 0.05$. Todos los análisis estadísticos se realizarán mediante el software libre R.



5. RESULTADOS

5.1 Datos descriptivos

Catorce participantes universitarios sanos completaron la recopilación de datos del presente estudio piloto, cuyas características demográficas y antropométricas se presentan en la **Tabla 5**.

Tabla 5. Características basales de los participantes.

Variable		Sujetos (N = 14 ^{1,2})
Género	Femenino	7 (50%)
	Masculino	7 (50%)
Edad		22.7 (3.97)
Dominancia	Diestra	11 (78,57%)
	Zurda	3 (21,43%)
Altura		172.21 (9.25)
Peso		71.14 (16.98)
¹ fi (%) ² Media (SD)		

5.2 Datos de la variable resultado

En la **Tabla 6** se reporta la actividad media y su desviación estándar para cada uno de los tres intervalos de movimiento lumbar (denominados 1, 2 y 3), así como el valor total de actividad muscular que agrupan los intervalos para cada fase de las tres mediciones intrasesión. El tamaño de la muestra para cada intervalo y medición fue de N = 141, resultando en un total de N = 421 observaciones por fase e intervalo al agrupar las tres mediciones (columnas a, b y c).

Según la variable tiempo, los datos muestran una tendencia general de aumento en la actividad muscular desde la primera medición (a) hasta la segunda (b), seguida de una estabilización o ligera disminución en la tercera (c), tal como se observa en la **Tabla 6**.

Tabla 6. Resumen de la actividad muscular media (%MVC) y desviación estándar de los músculos erectores espinales durante las fases concéntrica y excéntrica del movimiento, según el rango de movimiento lumbar y las tres mediciones intrasesión.

Fase/ Músculo	a				b				c			
	1 N = 14 ¹	2 N = 14 ¹	3 N = 14 ¹	Total N = 42 ¹	1 N = 14 ¹	2 N = 14 ¹	3 N = 14 ¹	Total N = 42 ¹	1 N = 14 ¹	2 N = 14 ¹	3 N = 14 ¹	Total N = 42 ¹
FC_L_dch	4 (3)	20 (8)	15 (6)	13 (9)	5 (4)	21 (10)	15 (7)	14 (10)	6 (6)	20 (8)	14 (6)	14 (9)
FC_L_izq	3 (2)	20 (9)	15 (6)	13 (9)	4 (3)	20 (9)	15 (9)	13 (10)	5 (6)	18 (6)	14 (6)	12 (8)
FC_I_dch	3.9 (2.4)	14.2 (5.1)	12.9 (4.6)	10.3 (6.2)	5.1 (3.5)	15.1 (7.3)	11.9 (6.2)	10.7 (7.1)	5.3 (4.6)	15.1 (4.9)	11.4 (5.2)	10.6 (6.3)
FC_I_izq	4 (2)	16 (7)	14 (8)	11 (8)	4 (3)	18 (9)	13 (9)	12 (9)	5 (7)	16 (6)	12 (6)	11 (8)
FE_L_dch	5.7 (3.3)	11.3 (5.3)	9.9 (5.4)	9.0 (5.2)	4.8 (1.5)	11.2 (5.1)	8.9 (5.8)	8.3 (5.2)	4.9 (1.9)	11.4 (5.7)	9.8 (6.6)	8.7 (5.8)
FE_L_izq	5.2 (3.4)	12.8 (6.1)	9.9 (5.2)	9.3 (5.9)	4.2 (1.4)	11.2 (5.6)	7.8 (4.6)	7.7 (5.1)	4.4 (1.9)	11.5 (6.0)	9.3 (5.5)	8.4 (5.6)
FE_I_dch	4.3 (2.7)	9.1 (4.1)	8.5 (4.6)	7.3 (4.4)	3.9 (2.9)	8.8 (4.8)	8.3 (6.8)	7.0 (5.4)	4.3 (3.7)	8.5 (5.1)	8.5 (6.2)	7.1 (5.4)
FE_I_izq	3.8 (3.2)	11.1 (6.0)	8.9 (4.3)	8.0 (5.5)	3.0 (1.6)	9.6 (4.5)	7.9 (4.8)	6.8 (4.7)	3.2 (2.2)	8.7 (4.4)	8.5 (5.1)	6.8 (4.8)

¹ Media (SD)
Fase concéntrica longuissimus derecho (FC_L_dch), Fase concéntrica longuissimus izquierdo (FC_L_izq), Fase concéntrica iliocostal derecho (FC_I_dch), Fase concéntrica iliocostal izquierdo (FC_I_izq), Fase excéntrica longuissimus derecho (FE_L_dch), Fase excéntrica longuissimus izquierdo (FE_L_izq), Fase excéntrica iliocostal derecho (FE_I_dch) y Fase excéntrica iliocostal izquierdo (FE_I_izq)

5.3 Resultados principales

La **Tabla 7** muestra los resultados del análisis de varianza (ANOVA) de medidas repetidas aplicado a la actividad muscular (%MVC), registrada mediante sEMG, en los músculos erectores espinales lumbares durante tres ejecuciones intrasesión de flexo-extensión de tronco. Se evaluaron los efectos principales de la variable Medida (rango de movimiento: 1, 2 y 3), el Tiempo (a, b y c), así como la interacción Medida \times Tiempo, diferenciando entre fases concéntrica y excéntrica del movimiento.

El análisis de la variable medida presenta diferencias significativas en ambas fases de todos los músculos analizados ($p < .0001$), lo que indica diferencias en la actividad muscular en los distintos rangos de movimiento. En cambio, no se hallaron efectos significativos del factor Tiempo en ninguno de los músculos ($p > .05$), lo que indica que no hubo cambios relevantes en la activación muscular media a lo largo de las tres mediciones intra-sesión (a, b y c).

Tabla 7. Resultados del ANOVA de medidas repetidas para la actividad muscular media (%MVC) de los músculos erectores espinales lumbares en las fases del movimiento. (concéntrica y excéntrica), considerando los efectos de la Medida, el Tiempo y su interacción

Fase/músculo	Factor ANOVA			
	(Intercept) NumDF=1	Medida NumDF=2	Tiempo NumDF=2	Medida:tiempo NumDF=4
FC_L_dch	95.33233 ($<.0001$)	121.55132 ($<.0001$)	0.27105 (0.7631)	0.65697 (0.6233)
FC_L_izq	91.32169 ($<.0001$)	123.42496 ($<.0001$)	0.12182 (0.8854)	0.63341 (0.6398)
FC_I_dch	111.52233 ($<.0001$)	87.92132 ($<.0001$)	0.14116 (0.8685)	0.72128 (0.5793)
FC_I_izq	68.27381 ($<.0001$)	78.46556 ($<.0001$)	0.04989 (0.9514)	0.91292 (0.4594)
FE_L_dch	76.71350 ($<.0001$)	38.41259 ($<.0001$)	0.44171 (0.6441)	0.16355 (0.9564)
FE_L_izq	94.00365 ($<.0001$)	42.07396 ($<.0001$)	2.05577 (0.1332)	0.16782 (0.9543)
FE_I_dch	43.34189 ($<.0001$)	41.74593 ($<.0001$)	0.15438 (0.8571)	0.07729 (0.9890)
FE_I_izq	68.86027 ($<.0001$)	57.73552 ($<.0001$)	2.16464 (0.1199)	0.56802 (0.6864)

/ F-value (p-value)
 Fase concéntrica longuissimus derecho (FC_L_dch), Fase concéntrica longuissimus izquierdo (FC_L_izq), Fase concéntrica iliocostal derecho (FC_I_dch), Fase concéntrica iliocostal izquierdo (FC_I_izq), Fase excéntrica longuissimus derecho (FE_L_dch), Fase excéntrica longuissimus izquierdo (FE_L_izq), Fase excéntrica iliocostal derecho (FE_I_dch) y Fase excéntrica iliocostal izquierdo (FE_I_izq)

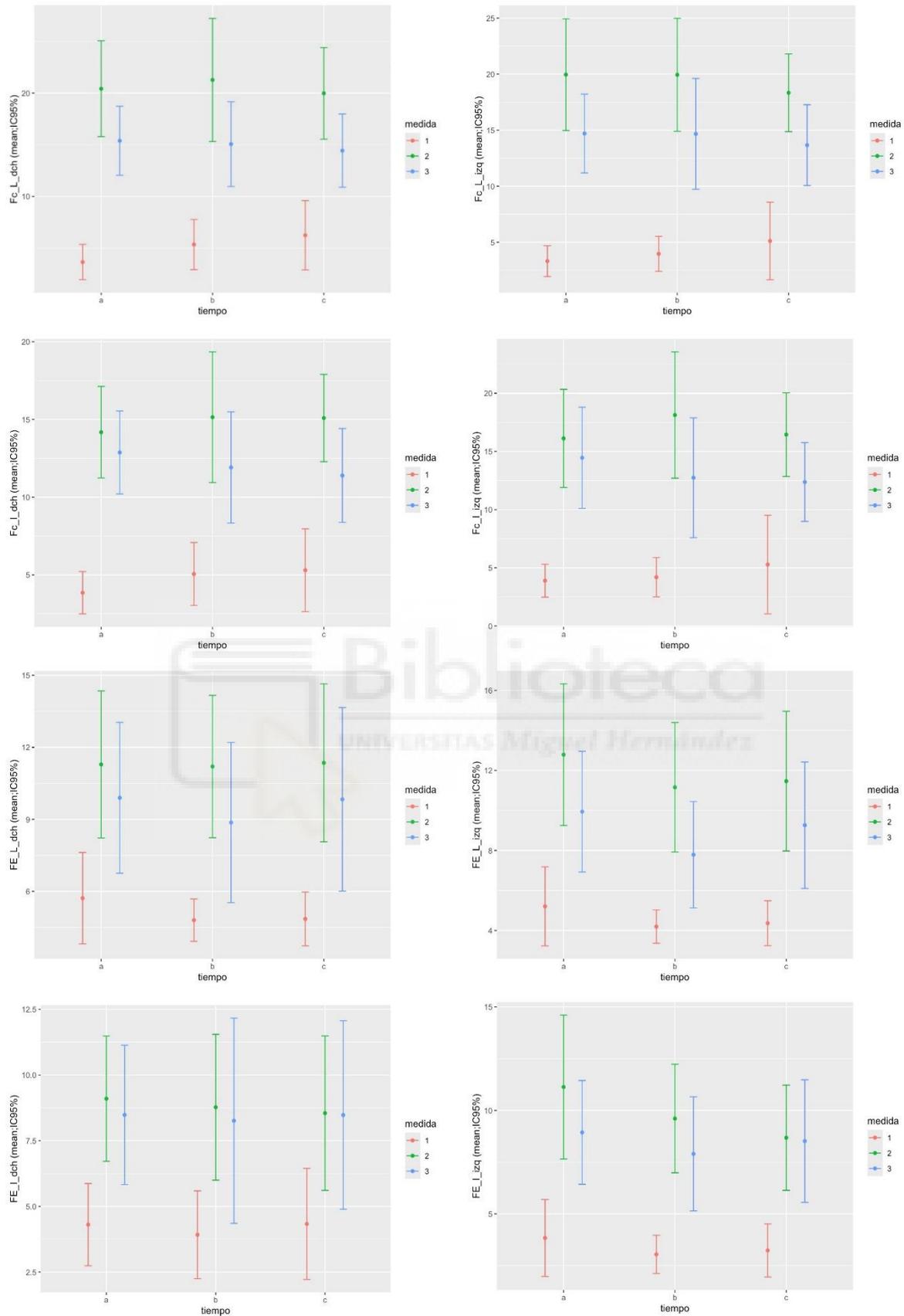


Figura 7. Evolución intrasesión de la actividad electromiográfica (%MVC) de los erectores espinales durante la tarea de flexo-extensión en bipedestación.

6. DISCUSIÓN

Respondiendo al objetivo principal de este TFG de analizar la actividad muscular media (%MVC) de la musculatura paraespinal lumbar durante la tarea de flexo-extensión del tronco, evaluando posibles variaciones intrasesión a través de tres ejecuciones, y considerando el efecto del rango de movimiento (tres niveles) y el momento de la ejecución (tiempo a, b y c). Tal como se anticipaba, se observó una mayor activación muscular durante la fase concéntrica en comparación con la fase excéntrica, este hecho está en línea con estudios previos que destacan una mayor exigencia neuromuscular durante el retorno desde la flexión máxima, dada la necesidad de control activo de la extensión [16, 19].

En concordancia con la hipótesis planteada, los resultados mostraron diferencias estadísticamente significativas ($p < .0001$) en los niveles de activación muscular en función del rango de movimiento, independientemente del momento de la sesión. Como se muestra en la **Figura 7**. Los valores de % MVC aumentan progresivamente del rango 1 al rango 2, alcanzando un pico de activación en la fase media del movimiento, para luego estabilizarse o disminuir ligeramente en el rango 3. Esta evolución sugiere un patrón de activación fisiológicamente coherente, probablemente asociado al incremento del momento de fuerza requerido para superar la flexión máxima, tal como han señalado autores como Hemming et al. [30].

Por otro lado, no se hallaron efectos significativos del factor Tiempo (mediciones a, b y c), ni de la interacción Medida \times Tiempo en ninguno de los músculos, lo que indica que la activación muscular fue estable a lo largo de las tres ejecuciones intrasesión. Esta baja variabilidad sugiere que, en condiciones controladas, la musculatura paraespinal mantiene un comportamiento motor consistente, lo que fortalece el valor diagnóstico y comparativo de la sEMG en contextos clínicos o preventivos.

En relación con el objetivo de establecer valores de referencia según el rango de movimiento para la actividad muscular durante la flexo-extensión del tronco, los resultados muestran que la media general de activación muscular normalizada (%MVC) fue significativamente distinta de cero ($p < .0001$) en todas las condiciones experimentales. Aunque este resultado no implica diferencias entre condiciones experimentales, sí valida que, en el conjunto de participantes y ejecuciones, existe una activación muscular real, consistente y fisiológicamente significativa, lo que refuerza la utilidad de los datos

obtenidos como punto de partida para definir patrones de normalidad. Este aspecto es fundamental si se considera que estudios previos han señalado la necesidad de contar con valores de referencia fiables para poder identificar desviaciones en poblaciones con disfunción lumbar, como en el caso del dolor lumbar inespecífico [31].

Además, se observó una mayor variabilidad interindividual en los momentos de máxima activación, especialmente en el rango medio (2) de la fase concéntrica, lo que se refleja en las desviaciones estándar y en el solapamiento de barras de error en la *Figura 7*. Esta observación coincide con lo descrito por Salamat et al. [27], quienes encontraron una mayor variabilidad en la actividad paraespinal en tareas funcionales entre individuos sanos y pacientes con NSCLBP, aunque sin especificar diferencias por rango o fase.

6.1 Fortalezas y riesgo de sesgos

Una de las principales fortalezas metodológicas de este estudio piloto radica en la estandarización rigurosa del gesto motor evaluado, tanto en términos de rango articular (medido mediante goniometría digital) como de velocidad de ejecución (guiada por metrónomo). Esta precisión permitió una segmentación fiable del movimiento en fases concéntrica y excéntrica, facilitando un análisis diferenciado de la actividad muscular. Además, se incluyó una sesión de familiarización previa, que no solo redujo el sesgo de aprendizaje y la variabilidad intra-sujeto, sino que también mejoró la adherencia al protocolo y la comprensión de la tarea. La normalización de la señal electromiográfica a través del test de MVC añade una capa de control metodológico adicional, al permitir la comparación intra e intersujeto de los datos obtenidos. Todo ello refuerza la validez interna del estudio y lo diferencia de investigaciones previas con menor control de variables cinemáticas [27, 30].

No obstante, deben reconocerse ciertos riesgos potenciales de sesgo, como la variabilidad en la colocación de electrodos, el sesgo de selección derivado de una muestra pequeña y homogénea ($n = 14$), y posibles diferencias sutiles en la ejecución motora entre individuos, que podrían influir en la señal electromiográfica registrada.

6.2 Limitaciones

Entre las principales limitaciones de este TFG se encuentra el tamaño muestral reducido ($n=14$), propio del enfoque piloto, lo cual restringe la generalización de los hallazgos. Además, el uso de sEMG impide el registro de músculos profundos como el multifido, y puede estar sujeta a interferencias por movimiento, a pesar del correcto posicionamiento de los electrodos. Tampoco se incorporaron herramientas complementarias de análisis biomecánico tridimensional ni se controlaron variables individuales como la fatiga o la rigidez espinal, que podrían influir en el patrón de activación muscular. Estas limitaciones no invalidan los hallazgos, pero deben considerarse al interpretar su alcance y al proyectar futuras investigaciones más amplias.

6.3 Futuras investigaciones

De cara a futuras investigaciones, se recomienda ampliar el tamaño de la muestra e incluir poblaciones clínicas, como personas con dolor lumbar crónico inespecífico, con el fin de comparar sus patrones de activación con los valores fisiológicos. Asimismo, sería conveniente incorporar tecnologías avanzadas, como el análisis cinemático tridimensional o plataformas de fuerza, que permitan una evaluación biomecánica más completa del gesto funcional. Por último, se sugiere desarrollar estudios longitudinales que evalúen la evolución del patrón de activación muscular tras intervenciones terapéuticas, lo que podría aportar información relevante sobre los mecanismos de adaptación neuromuscular.

7. CONCLUSIONES

En función de los objetivos planteados, las conclusiones extraídas del presente TFG son las siguientes:

- El protocolo electromiográfico propuesto es viable y fiable para el análisis de la musculatura erectora espinal en sujetos sanos, lo que permite establecer una metodología reproducible para futuras investigaciones en poblaciones clínicas.
- Se han obtenido valores de referencia normalizados (%MVC) que describen un patrón de activación muscular característico durante el movimiento dinámico de flexo-extensión del tronco.
- La activación muscular fue mayor en la fase concéntrica (extensión) que en la fase excéntrica (flexión), lo que indica una mayor demanda neuromuscular en el retorno a la posición erguida.
- Se observó una correlación significativa entre el rango de movimiento lumbar y la intensidad de activación muscular, con picos de activación localizados en los tramos intermedios del movimiento, lo cual respalda la coherencia fisiológica del patrón detectado.
- La actividad electromiográfica se mantuvo estable a lo largo de las tres mediciones intrasesión, sin diferencias estadísticamente significativas, lo que demuestra la baja variabilidad y la consistencia del patrón de activación muscular en condiciones controladas.
- El análisis permite cuantificar la actividad muscular en función de la fase del gesto y del rango articular, cumpliendo con los objetivos específicos y proporcionando una base sólida para comparaciones con poblaciones con disfunción lumbar.

8. ANEXOS

ANEXO 1. MATERIALES Y PRESUPUESTO

MATERIAL	PRECIO	IMAGEN
Electromiografo (mDurance Pro ®)	PVP: 5000€	
Dinamómetro manual (ActivForce 2 ®)	PVP: 450€	
Electrodos adhesivos	PVP: 100€	
Camilla	PVP: 150€	
Teléfono / Tablet Android (Para la utilización del software de dinamometría)	PVP: Variable	
Ordenador (Para el análisis)	PVP: Variable	

CRONOGRAMA (ANEXO 2)	AÑO	2024			2025									2026					
ETAPAS/ACTIVIDADES	MES	OCT	NOV	DIC	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	SEPT	OCT	NOV	DIC	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY
Fase 1: Planificación y Diseño																			
Revisión exhaustiva de la literatura sobre EMG y LBP. Definición pregunta PICO y los objetivos específicos (para sujetos sanos).																			
Diseño detallado del protocolo de recolección de datos (protocolo EMG, tareas funcionales, cuestionarios de valoración).																			
Fase 2: Elaboración de Documentos y Aprobación Ética																			
Elaboración del formulario de consentimiento informado (para sujetos sanos). Redacción y presentación de la solicitud de aprobación ética.																			
Fase 3: Reclutamiento, Familiarización y Recolección de Datos (Sujetos Sanos)																			
Desarrollo de estrategia de reclutamiento de sujetos sanos (anuncios en la universidad, contactos). Contacto inicial y evaluación de criterios de inclusión/exclusión.																			
Sesiones de familiarización con el protocolo EMG y las tareas. Obtención del consentimiento informado.																			
Realización de las sesiones de recolección de datos EMG en sujetos sanos.																			
Fase 4: Procesamiento y Análisis Inicial																			
Procesamiento de las señales de EMG (filtrado, rectificación, etc.).																			
Extracción de variables de interés en sujetos sanos.																			
Análisis descriptivo inicial de los datos EMG de sujetos sanos.																			
Fase 5: Redacción y Revisión del TFG																			
Redacción de las diferentes secciones del TFG (introducción, metodología, resultados, discusión, conclusiones).																			
Revisión y corrección final por el tutor																			
Fase 6: Presentación TFG																			

CRONOGRAMA (ANEXO 2)	AÑO	2024			2025										2026					
		MES	OCT	NOV	DIC	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	SEPT	OCT	NOV	DIC	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY
Fase 7: Ampliación del protocolo y Revisión Ética																				
Revisión y adaptación del protocolo para incluir pacientes con NSCLBP.																				
Elaboración del formulario de consentimiento informado y cuestionarios de valoración para pacientes.																				
Presentación de la enmienda a la aprobación ética.																				
Fase 8: Reclutamiento, Familiarización y Recolección de Datos (Sujetos sanos y Pacientes NSCLP)																				
Desarrollo de estrategia de reclutamiento de pacientes con NSCLBP (colaboración con clínicas, asociaciones). Contacto inicial y evaluación de criterios de inclusión/exclusión (pacientes).																				
Sesiones de familiarización con el protocolo EMG y las tareas (sujetos sanos y pacientes). Obtención del consentimiento informado.																				
Realización de las sesiones de recolección de datos EMG en pacientes con NSCLBP.																				
Fase 9: Procesamiento y Análisis Comparativo																				
Procesamiento de las señales de EMG (sujetos sanos y pacientes)																				
Análisis Comparativo (Sanos vs. Pacientes)																				
Fase 10: Redacción y Entrega del estudio observacional prospectivo																				
Redacción de las diferentes secciones del estudio observacional (introducción, metodología, resultados, discusión, conclusiones).																				
Correcciones, edición final y presentación del estudio observacional prospectivo.																				

ANEXO 3 PAUTAS DE LA GUÍA STROBE**PAUTAS DE STROBE**

Título y resumen	Punto	Recomendación
	1	(a) Indique, en el título o en el resumen, el diseño del estudio con un término habitual. (b) Proporcione en el resumen una sinopsis informativa y equilibrada de lo que se ha hecho y lo que se ha encontrado.
Introducción		
Contexto/fundamentos	2	Explique las razones y el fundamento científicos de la investigación.
Objetivos	3	Indique los objetivos específicos, incluida cualquier hipótesis preespecificada.
Métodos		
Diseño del estudio	4	Presente al principio del documento los elementos clave del diseño del estudio.
Contexto	5	Describa el marco, los lugares y las fechas relevantes, incluido los períodos de reclutamiento, exposición, seguimiento y recogida de datos.
Participantes	6	(a) Estudios de cohortes: proporcione los criterios de elegibilidad así como las fuentes y el método de los participantes. Especifique los métodos de seguimiento. Estudios de casos y controles: proporcione los criterios de elegibilidad así como las fuentes y el proceso diagnóstico de los casos y el de selección de los controles. Proporcione las razones para la elección de casos y controles. Estudios transversales: proporcione los criterios de elegibilidad y las fuentes y métodos de selección de los participantes. (b) Estudios de cohortes: en los estudios apareados, proporcione los criterios para la formación de parejas y el número de participantes con sin exposición. Estudios de casos y controles. En los estudios apareados, proporcione los criterios para la formación de las parejas y el número de controles por cada caso.
VARIABLES	7	Defina claramente todas la variables, de respuesta, exposiciones, predictoras, confundidoras y modificadoras del efecto. Si procede proporcione los criterios diagnósticos.
Fuente de datos/medidas	8*	Para cada variable de interés: proporcione las fuentes de datos y los detalles de los métodos de valoración (medida). Si hubiera más de un grupo, especifique la comparabilidad de los procesos de medida.
Segos	9	Especifique todas las medidas adoptadas para afrontar fuentes potenciales de sesgo.
Tamaño muestral	10	Explique cómo se determinó el tamaño muestral.
VARIABLES CUANTITATIVAS	11	Explique cómo se trataron las variables cuantitativas en el análisis. Si procede, explique qué grupos de definieron y por qué.
MÉTODOS ESTADÍSTICOS	12	(a) Especifique todos los métodos estadísticos, incluidos los empleados para controlar los factores de confusión. (b) Especifique todos los métodos utilizados para analiza subgrupos e interacciones. (c) Explique el tratamiento de los datos ausentes (missing data) (d) Estudio de cohortes: si procede, explique cómo se afrontan las pérdidas en el seguimiento. Estudios de casos y controles: si procede, explique cómo se afrontan las pérdidas en el seguimiento. Estudios transversales: si procede, especifique cómo se tiene en cuenta en el análisis la estrategia de muestreo (e) Describa los análisis de sensibilidad.
Resultados		
Participantes	13*	(a) Describa el número de participantes en cada fase del estudio: por ejemplo: cifras de los participantes potencialmente elegibles, los analizados para ser incluidos, los confirmados elegibles, los incluidos en el estudio, los que tuvieron un seguimiento completo y los analizados. (b) Describa las razones de la pérdida de participantes en cada fase. (c) Considere el uso de un diagrama de flujo.
Datos descriptivos	14*	(a) Describa las características de los participantes en el estudio (p.ej.: demográficas, clínicas, sociales) y la información sobre las exposiciones y los posibles factores de confusión. (b) Indique el número de participantes con datos ausentes en cada variable de interés. (c) Estudios de cohortes: resuma el período de seguimiento (p. ej. promedio y total).
Datos de las variables de resultado	15*	Estudios de cohortes; describa el número de eventos resultado, o bien proporcione medias resumen a lo largo del tiempo. Estudios de casos y controles: describa el número de participantes en cada categoría de exposición, o bien proporcione medias resumen de exposición.
Resultados principales	16	Estudios transversales: describa el número de eventos resultado, o bien proporcione medidas resumen. (a) Proporciones estimaciones no ajustadas y, si procede, ajustadas por factores de confusión, así como su precisión (p. ej. Intervalos de confianza del 95%). Especifique los factores de confusión por los que se ajusta y las razones para incluirlos. (b) Si categoriza variables continuas, describa los límites de los intervalos. (c) Si fuera pertinente, valore acompañar las estimaciones del riesgo relativo con estimaciones del riesgo absoluto para un período de tiempo relevante.
Otros análisis	17	Describa otros análisis efectuados (de subgrupos, interacciones o sensibilidad).
Discusión		
Resultados clave	18	Resuma los resultados principales de los objetivos del estudio.
Limitaciones	19	Discuta las limitaciones del estudio, teniendo en cuenta posibles fuentes de sesgo o de imprecisión. Razone tanto sobre la dirección como sobre la magnitud de cualquier posible sesgo.
Interpretación	20	Proporcione una interpretación global prudente de los resultados considerando objetivos, limitaciones, multiplicidad de análisis, resultados de estudios similares y otras pruebas empíricas relevantes.
Generabilidad	21	Discuta la posibilidad de generalizar los resultados (validez externa).
Otra información		
Financiación	22	Especifique la financiación el papel de los patrocinadores del estudio y, si procede, del estudio previo en el que basa el presente artículo.

ANEXO 4. AUTORIZACIÓN COIR TFG**INFORME DE EVALUACIÓN DE INVESTIGACIÓN RESPONSABLE DE 1. TFG (Trabajo Fin de Grado)**

Elche, a 30/04/2025

Nombre del tutor/a	Emilio José Poveda Pagan
Nombre del alumno/a	Vanesa Salas Lafita
Tipo de actividad	Adherido a un proyecto autorizado
Título del 1. TFG (Trabajo Fin de Grado)	Análisis electromiográfico de los músculos erectores de la columna dorsolumbar en movimientos de flexión y extensión del tronco. Protocolo de estudio observacional
Evaluación de riesgos laborales	No solicitado/No procede
Evaluación ética humanos	No solicitado/No procede
Código provisional	250211125944
Código de autorización COIR	TFG.GFI.EJPP.VSL.250211
Caducidad	2 años

Se considera que la presente actividad no supone riesgos laborales adicionales a los ya evaluados en el proyecto de investigación al que se adhiere. No obstante, es responsabilidad del tutor/a informar y/o formar al estudiante de los posibles riesgos laborales de la presente actividad.

La necesidad de evaluación ética del trabajo titulado: **Análisis electromiográfico de los músculos erectores de la columna dorsolumbar en movimientos de flexión y extensión del tronco. Protocolo de estudio observacional** ha sido realizada en base a la información aportada en el formulario online: "TFG/TFM: Solicitud Código de Investigación Responsable (COIR)", habiéndose determinado que no requiere ninguna evaluación adicional. Es importante destacar que si la información aportada en dicho formulario no es correcta este informe no tiene validez.

Por todo lo anterior, **se autoriza** la realización de la presente actividad.

Atentamente,



Alberto Pastor Campos
Jefe de la Oficina de Investigación Responsable
Vicerrectorado de Investigación y Transferencia



Información adicional:

- En caso de que la presente actividad se desarrolle total o parcialmente en otras instituciones es responsabilidad del investigador principal solicitar cuantas autorizaciones sean pertinentes, de manera que se garantice, al menos, que los responsables de las mismas están informados.
- Le recordamos que durante la realización de este trabajo debe cumplir con las exigencias en materia de prevención de riesgos laborales. En concreto: las recogidas en el plan de prevención de la UMH y en las planificaciones preventivas de las unidades en las que se integra la investigación. Igualmente, debe promover la realización de reconocimientos médicos periódicos entre su personal; cumplir con los procedimientos sobre coordinación de actividades empresariales en el caso de que trabaje en el centro de trabajo de otra empresa o que personal de otra empresa se desplace a las instalaciones de la UMH; y atender a las obligaciones formativas del personal en materia de prevención de riesgos laborales. Le indicamos que tiene a su disposición al Servicio de Prevención de la UMH para asesorarle en esta materia.

La información descriptiva básica del presente trabajo será incorporada al repositorio público de Trabajos fin de Grado y Trabajos Fin de Máster autorizados por la Oficina de Investigación Responsable de la Universidad Miguel Hernández. También se puede acceder a través de <https://oir.umh.es/solicitud-de-evaluacion/tfg-tfm/>



ANEXO 5 HOJA DE INFORMACIÓN A EL/LA PARTICIPANTE**HOJA DE INFORMACIÓN A EL/LA PARTICIPANTE**

Código provisional COIR:	250211125944
Código de autorización COIR: *Puede verificar la autorización ética del presente proyecto de investigación en el código QR superior	
Título del TFG/TFM:	Análisis electromiográfico de los músculos erectores de la columna dorsolumbar en movimientos de flexión y extensión del tronco. Protocolo de estudio observacional
Tutor/a:	Emilio José Poveda Pagan
Estudiante:	Vanesa Salas Lafita

Nos dirigimos a usted para solicitar su consentimiento para participar en un proyecto de investigación. Este proyecto ha sido aprobado por el Comité de Ética e Integridad en la Investigación de la Universidad Miguel Hernández. El proyecto se llevará a cabo de acuerdo a la normativa vigente y a los principios éticos internacionales aplicables.

Con el fin de que pueda decidir si desea participar en este proyecto, es importante que entienda por qué es necesaria esta investigación, lo que va a implicar su participación, cómo se va a utilizar su información y sus posibles beneficios, riesgos y molestias. En este documento podrá encontrar información detallada sobre el proyecto. Por favor, tómese el tiempo necesario para leer atentamente la información proporcionada a continuación y nosotros le aclararemos las dudas que le puedan surgir. Cuando haya comprendido el proyecto se le solicitará que firme el consentimiento informado si desea participar en él.

Si decide participar en este estudio debe saber que lo hace voluntariamente y que podrá, así mismo, abandonarlo en cualquier momento. En el caso en que decida suspender su participación, ello no va a suponer ningún tipo de penalización ni pérdida o perjuicio en sus derechos y/o relación con los investigadores.

El proyecto se llevará a cabo en las instalaciones que dispone la Universidad Miguel Hernández (UMH) en el campus de San Juan de Alicante, concretamente en el edificio de laboratorios 2B.

¿POR QUÉ SE REALIZA ESTE PROYECTO?

Existen estudios que demuestran que, en pacientes con dolor lumbopélvico crónico, hay una mayor actividad de la musculatura erectora del tronco en patrones de flexión, en



comparación con los sujetos sanos, y esto está asociado a la asimetría del movimiento o al control motor anormal. Sin embargo, no se conocen estudios que evalúen la relación entre la actividad electromiográfica de la musculatura paraespinal y los rangos de movimiento lumbar en las pruebas de flexión y extensión del tronco. En este estudio, pretendemos obtener valores de normalidad para la contracción activa de la musculatura dorsolumbar vinculada al rango de movimiento, con el fin de especificar las variaciones en la proporción de actividad muscular.

¿CUÁL ES EL OBJETIVO DEL PROYECTO?

Valorar y analizar, mediante electromiografía de superficie, la actividad eléctrica de la musculatura dorsal y lumbar, durante el movimiento de flexión y extensión del tronco, en sujetos sanos.

¿CÓMO SE VA A REALIZAR EL ESTUDIO?

Para el estudio, se reclutarán estudiantes o personal de la UMH o de otras universidades, mayores de 18 años y con plena capacidad de autonomía, invitándolos a participar mediante correo electrónico o publicación en redes sociales. En una sesión inicial de familiarización, los sujetos del estudio, además de completar el cuestionario de registro y el consentimiento informado, recibirán indicaciones para realizar gesto dinámico de flexión y extensión del tronco. Para la segunda sesión de recopilación de datos, se proporcionarán a los participantes las últimas directrices antes de realizar las tres pruebas isométricas y dinámicas.

La duración entre sesiones se prolongará durante un periodo mínimo de 48 horas.

¿QUÉ BENEFICIOS PUEDO OBTENER POR PARTICIPAR EN ESTE ESTUDIO?

Usted recibirá el mismo trato participe o no en el proyecto. En consecuencia, no obtendrá ningún beneficio directo con su participación. No obstante, la información que nos facilite, así como la que se obtenga de los análisis que se realicen, pueden ser de gran utilidad para mejorar el conocimiento que tenemos hoy día sobre la biomecánica articular y la funcionalidad muscular del raquis lumbar en sujetos sanos, y ello permitirá idear formas de prevención, manejo y tratamiento mejores que las que poseemos en la actualidad.

Por su participación en el estudio no obtendrá compensación económica.

¿QUÉ RIESGOS PUEDO SUFRIR POR PARTICIPAR EN EL ESTUDIO?

Usted no sufrirá ningún tipo de riesgo físico, psicológico ni social por participar en el estudio.



¿QUÉ DATOS SE VAN A RECOGER?

Nombre, apellidos, dirección electrónica, sexo, edad, universidad, trabajo, dominancia, altura, peso y posibles lesiones previas.

¿CÓMO SE TRATARÁN MIS DATOS PERSONALES Y CÓMO SE PRESERVARÁ LA CONFIDENCIALIDAD?

La UMH, como Responsable del tratamiento de sus datos personales, le informa que estos datos serán tratados de conformidad con lo dispuesto en el Reglamento (UE) 2016/679 de 27 de abril (RGPD) y la Ley Orgánica 3/2018 de 5 de diciembre (LOPDGDD)

El acceso a su información personal quedará restringido a Emilio José Poveda Pagan, cuando se precise, para comprobar los datos y procedimientos del estudio, pero siempre manteniendo la confidencialidad de los mismos de acuerdo a la legislación vigente. El Investigador/a, cuando procese y trate sus datos tomará las medidas oportunas para protegerlos y evitar el acceso a los mismos de terceros no autorizados.

- * **Responsable del tratamiento:** Universidad Miguel Hernández de Elche
- * **Finalidad:** Realizar el tratamiento de sus datos personales para poder participar en este proyecto de investigación
- * **Legitimación:** Consentimiento
- * **Cesiones/Transferencias internacionales:** No existe
- * **Derechos:** Acceder, rectificar y suprimir los datos, así como otros derechos, como se explica en la información adicional.
- * **Procedencia de los datos:** 1. Del interesado o representante legal
- * **Información adicional:** A través del código QR que se encuentra en el encabezado puede acceder a una tabla de actividades autorizadas donde encontrará información sobre este proyecto, incluyendo más información sobre la política de protección de datos.

¿CON QUIÉN PUEDO CONTACTAR EN CASO DE DUDA?

Si usted precisa mayor información sobre el estudio puede contactar con Vanesa Salas Lafita, Teléfono: 625****42; Correo electrónico: vanesa.salas@goumh.umh.es

ANEXO 6. CONSENTIMIENTO INFORMADO**CONSENTIMIENTO INFORMADO**

Código provisional COIR:	250211125944
Código de autorización COIR: *Puede verificar la autorización ética del presente proyecto de investigación en el código QR superior	
Título del TFG/TFM:	Análisis electromiográfico de los músculos erectores de la columna dorsolumbar en movimientos de flexión y extensión del tronco. Protocolo de estudio observacional
Tutor/a:	Emilio José Poveda Pagan
Estudiante:	Vanessa Salas Lafita

Yo.....

(Nombre y apellidos manuscritos por el participante)

He leído esta hoja de información y he tenido tiempo suficiente para considerar mi decisión.

Me han dado la oportunidad de formular preguntas y todas ellas se han respondido satisfactoriamente.

Comprendo que mi participación es voluntaria.

Comprendo que puedo retirarme del estudio:

- Cuando quiera
- Sin tener que dar explicaciones.

Después de haber meditado sobre la información que me han proporcionado, declaro que mi decisión es la siguiente*:

Doy No doy

Mi consentimiento para la participación en el presente proyecto de investigación,

Respecto al tratamiento de mis datos personales, declaro que mi decisión es la siguiente*:

Doy No doy

Mi consentimiento para el tratamiento de mis datos personales en el presente proyecto de investigación.



Nota*: No es posible participar en el estudio si no se consiente en ambas cuestiones

FIRMA DEL/DE LA PARTICIPANTE	FIRMA DEL TUTOR/A DEL TFG/TFM
NOMBRE:	NOMBRE:
FECHA:	FECHA:

REVOCACIÓN DEL CONSENTIMIENTO

Yo, D/Dña. _____ revoco el consentimiento prestado en fecha y no deseo continuar participando en el estudio "Análisis electromiográfico de los músculos erectores de la columna dorsolumbar en movimientos de flexión y extensión del tronco. Protocolo de estudio observacional".

FIRMA DEL/DE LA PARTICIPANTE	FIRMA DEL TUTOR/A DEL TFG/TFM
NOMBRE:	NOMBRE:
FECHA:	FECHA:

ANEXO 7. CUESTIONARIO DE REGISTRO

Cuestionario de registro

Los datos personales recabados en este cuestionario tienen un propósito exclusivamente investigativo, no se guardarán en ningún documento publicado, se le otorgará un código para ser identificados durante el desarrollo del estudio.

* Indica que la pregunta es obligatoria

1. **Nombre ***

2. **Apellidos ***

3. **Sexo ***

Marca solo un óvalo.

- Masculino
- Femenino
- Prefiero no decirlo

4. **Edad ***

5. **Estudios y/u ocupación laboral ***

6. **Dominancia ***

Marca solo un óvalo.

- Diestra
- Zurda

7. **Altura (cm) ***

8. **Peso (kg) ***

9. **¿Ha padecido alguna lesión o dolencia en la región lumbar en los últimos 3 meses? En caso de sí, indique cuál en la opción 'otra':** *

Selecciona todos los que correspondan.

Sí

No

Otro: _____



9. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. Patrick N, Emanski E, Knaub MA. Acute and chronic low back pain. *Med Clin North Am*. 2014 Jul;98(4):777-89, xii. doi: 10.1016/j.mcna.2014.03.005. PMID: 24994051.
2. GBD 2021 Diseases and Injuries Collaborators. Global incidence, prevalence, years lived with disability (YLDs), disability-adjusted life-years (DALYs), and healthy life expectancy (HALE) for 371 diseases and injuries in 204 countries and territories and 811 subnational locations, 1990-2021: a systematic analysis for the Global Burden of Disease Study 2021. *Lancet*. 2024 May 18;403(10440):2133-2161. doi: 10.1016/S0140-6736(24)00757-8. Epub 2024 Apr 17. PMID: 38642570; PMCID: PMC11122111.
3. Hartvigsen J, Hancock MJ, Kongsted A, Louw Q, Ferreira ML, Genevay S, Hoy D, Karppinen J, Pransky G, Sieper J, Smeets RJ, Underwood M; Lancet Low Back Pain Series Working Group. What low back pain is and why we need to pay attention. *Lancet*. 2018 Jun 9;391(10137):2356-2367. doi: 10.1016/S0140-6736(18)30480-X. Epub 2018 Mar 21. PMID: 29573870.
4. da C Menezes Costa L, Maher CG, Hancock MJ, McAuley JH, Herbert RD, Costa LO. The prognosis of acute and persistent low-back pain: a meta-analysis. *CMAJ*. 2012 Aug 7;184(11):E613-24. doi: 10.1503/cmaj.111271. Epub 2012 May 14. PMID: 22586331; PMCID: PMC3414626.
5. da Silva T, Mills K, Brown BT, Pocovi N, de Campos T, Maher C, Hancock MJ. Recurrence of low back pain is common: a prospective inception cohort study. *J Physiother*. 2019 Jul;65(3):159-165. doi: 10.1016/j.jphys.2019.04.010. Epub 2019 Jun 14. PMID: 31208917.
6. Maher C, Underwood M, Buchbinder R. Non-specific low back pain. *Lancet*. 2017 Feb 18;389(10070):736-747. doi: 10.1016/S0140-6736(16)30970-9. Epub 2016 Oct 11. PMID: 27745712.
7. Olafsson G, Jonsson E, Fritzell P, Hägg O, Borgström F. Cost of low back pain: results from a national register study in Sweden. *Eur Spine J*. 2018 Nov;27(11):2875-2881. doi: 10.1007/s00586-018-5742-6. Epub 2018 Aug 28. PMID: 30155730.

8. Hodges PW, Tucker K. Moving differently in pain: a new theory to explain the adaptation to pain. *Pain*. 2011 Mar;152(3 Suppl):S90-S98. doi: 10.1016/j.pain.2010.10.020. Epub 2010 Nov 18. PMID: 21087823.
9. Nyayapati P, Booker J, Wu PI, Theologis A, Dziesinski L, O'Neill C, Zheng P, Lotz JC, Matthew RP, Bailey JF. Compensatory biomechanics and spinal loading during dynamic maneuvers in patients with chronic low back pain. *Eur Spine J*. 2022 Jul;31(7):1889-1896. doi: 10.1007/s00586-022-07253-4. Epub 2022 May 20. PMID: 35604457; PMCID: PMC9252943.
10. Christe G, Aussems C, Jolles BM, Favre J. Patients With Chronic Low Back Pain Have an Individual Movement Signature: A Comparison of Angular Amplitude, Angular Velocity and Muscle Activity Across Multiple Functional Tasks. *Front Bioeng Biotechnol*. 2021 Nov 15;9:767974. doi: 10.3389/fbioe.2021.767974. PMID: 34869281; PMCID: PMC8634715.
11. Christe G, Rochat V, Jolles BM, Favre J. Lumbar and thoracic kinematics during step-up: Comparison of three-dimensional angles between patients with chronic low back pain and asymptomatic individuals. *J Orthop Res*. 2020 Jun;38(6):1248-1256. doi: 10.1002/jor.24575. Epub 2020 Jan 7. PMID: 31879969.
12. Papi E, Bull AMJ, McGregor AH. Is there evidence to use kinematic/kinetic measures clinically in low back pain patients? A systematic review. *Clin Biomech (Bristol)*. 2018 Jun;55:53-64. doi: 10.1016/j.clinbiomech.2018.04.006. Epub 2018 Apr 11. PMID: 29684790; PMCID: PMC6161016.
13. Arvanitidis M, Bikinis N, Petrakis S, Gkioka A, Tsimpolis D, Falla D, Martinez-Valdes E. Spatial distribution of lumbar erector spinae muscle activity in individuals with and without chronic low back pain during a dynamic isokinetic fatiguing task. *Clin Biomech (Bristol)*. 2021 Jan;81:105214. doi: 10.1016/j.clinbiomech.2020.105214. Epub 2020 Nov 8. PMID: 33189454.
14. Brouwer NP, Tabasi A, Kingma I, Stegeman DF, van Dijk W, Moya-Esteban A, Sartori M, van Dieën JH. Trunk extensor muscle endurance and its relationship to action potential conduction velocity and spectral parameters estimated using high-density electromyography. *J*

- Electromyogr Kinesiol. 2023 Dec;73:102830. doi: 10.1016/j.jelekin.2023.102830. Epub 2023 Oct 12. PMID: 37862925.
15. Laird RA, Keating JL, Ussing K, Li P, Kent P. Does movement matter in people with back pain? Investigating 'atypical' lumbo-pelvic kinematics in people with and without back pain using wireless movement sensors. *BMC Musculoskelet Disord*. 2019 Jan 18;20(1):28. doi: 10.1186/s12891-018-2387-x. PMID: 30658610; PMCID: PMC6339318.
16. Colloca CJ, Hinrichs RN. The biomechanical and clinical significance of the lumbar erector spinae flexion-relaxation phenomenon: a review of literature. *J Manipulative Physiol Ther*. 2005 Oct;28(8):623-31. doi: 10.1016/j.jmpt.2005.08.005. PMID: 16226632.
17. Errabity A, Calmels P, Han WS, Bonnaire R, Pannetier R, Convert R, Molimard J. The effect of low back pain on spine kinematics: A systematic review and meta-analysis. *Clin Biomech (Bristol)*. 2023 Aug;108:106070. doi: 10.1016/j.clinbiomech.2023.106070. Epub 2023 Aug 12. PMID: 37595368.
18. Laird RA, Gilbert J, Kent P, Keating JL. Comparing lumbo-pelvic kinematics in people with and without back pain: a systematic review and meta-analysis. *BMC Musculoskelet Disord*. 2014 Jul 10;15:229. doi: 10.1186/1471-2474-15-229. PMID: 25012528; PMCID: PMC4096432.
19. Sánchez-Zuriaga D, López-Pascual J, Garrido-Jaén D, García-Mas MA. A comparison of lumbopelvic motion patterns and erector spinae behavior between asymptomatic subjects and patients with recurrent low back pain during pain-free periods. *J Manipulative Physiol Ther*. 2015 Feb;38(2):130-7. doi: 10.1016/j.jmpt.2014.11.002. Epub 2014 Dec 12. PMID: 25499193.
20. Campanini I, Merlo A, Disselhorst-Klug C, Mesin L, Muceli S, Merletti R. Fundamental Concepts of Bipolar and High-Density Surface EMG Understanding and Teaching for Clinical, Occupational, and Sport Applications: Origin, Detection, and Main Errors. *Sensors (Basel)*. 2022 May 30;22(11):4150. doi: 10.3390/s22114150. PMID: 35684769; PMCID: PMC9185290.
21. Zwarts MJ, Stegeman DF. Multichannel surface EMG: basic aspects and clinical utility. *Muscle Nerve*. 2003 Jul;28(1):1-17. doi: 10.1002/mus.10358. PMID: 12811768.

22. Papagiannis GI, Triantafyllou AI, Roumpelakis IM, Zampeli F, Garyfallia Eleni P, Koulouvaris P, Papadopoulos EC, Papagelopoulos PJ, Babis GC. Methodology of surface electromyography in gait analysis: review of the literature. *J Med Eng Technol*. 2019 Jan;43(1):59-65. doi: 10.1080/03091902.2019.1609610. Epub 2019 May 10. PMID: 31074312.
23. Farago E, MacIsaac D, Suk M, Chan ADC. A Review of Techniques for Surface Electromyography Signal Quality Analysis. *IEEE Rev Biomed Eng*. 2023;16:472-486. doi: 10.1109/RBME.2022.3164797. Epub 2023 Jan 5. PMID: 35380969.
24. Moissenet F, Rose-Dulcina K, Armand S, Genevay S. A systematic review of movement and muscular activity biomarkers to discriminate non-specific chronic low back pain patients from an asymptomatic population. *Sci Rep*. 2021 Mar 12;11(1):5850. doi: 10.1038/s41598-021-84034-x. PMID: 33712658; PMCID: PMC7955136.
25. Gupta A. Analyses of myo-electrical silence of erectors spinae. *J Biomech*. 2001 Apr;34(4):491-6. doi: 10.1016/s0021-9290(00)00213-x. PMID: 11266672.
26. Gouteron A, Tabard-Fougère A, Bourredjem A, Casillas JM, Armand S, Genevay S. The flexion relaxation phenomenon in nonspecific chronic low back pain: prevalence, reproducibility and flexion-extension ratios. A systematic review and meta-analysis. *Eur Spine J*. 2022 Jan;31(1):136-151. doi: 10.1007/s00586-021-06992-0. Epub 2021 Sep 22. PMID: 34553264.
27. Salamat S, Talebian S, Maroufi N, Kalbassi G, Salamat D, O'Sullivan K. People With Low Back Pain Exhibit Higher Trunk Muscle Activity and Impaired Postural Control During Static and Dynamic Functional Tasks: A Cross-Sectional Study. *J Appl Biomech*. 2023 Oct 12;40(1):1-8. doi: 10.1123/jab.2023-0033. PMID: 37917963.
28. Shigetoh H, Nishi Y, Osumi M, Morioka S. Combined abnormal muscle activity and pain-related factors affect disability in patients with chronic low back pain: An association rule analysis. *PLoS One*. 2020 Dec 17;15(12):e0244111. doi: 10.1371/journal.pone.0244111. PMID: 33332431; PMCID: PMC7746291.
29. Becker S, Bergamo F, Schnake KJ, Schreyer S, Rembitzki IV, Disselhorst-Klug C. The relationship between functionality and erector spinae activity in patients with specific low back

- pain during dynamic and static movements. *Gait Posture*. 2018 Oct;66:208-213. doi: 10.1016/j.gaitpost.2018.08.042. Epub 2018 Sep 3. PMID: 30205316.
30. Hemming R, du Rose A, Sheeran L, van Deursen R, Sparkes V. Relationships between trunk muscle activation and thoraco-lumbar kinematics in non-specific chronic low back pain subgroups during a forward bending task. *Gait Posture*. 2024 Jan;107:96-103. doi: 10.1016/j.gaitpost.2023.09.018. Epub 2023 Sep 29. PMID: 37797443.
31. Wernli K, Tan JS, O'Sullivan P, Smith A, Campbell A, Kent P. Does Movement Change When Low Back Pain Changes? A Systematic Review. *J Orthop Sports Phys Ther*. 2020 Dec;50(12):664-670. doi: 10.2519/jospt.2020.9635. Epub 2020 Oct 28. PMID: 33115341.
32. Lühring S, Schinkel-Ivy A, Drake JD. Evaluation of the lumbar kinematic measures that most consistently characterize lumbar muscle activation patterns during trunk flexion: a cross-sectional study. *J Manipulative Physiol Ther*. 2015 Jan;38(1):44-50. doi: 10.1016/j.jmpt.2014.10.011. Epub 2014 Nov 20. PMID: 25467614.
33. Cuschieri S. The STROBE guidelines. *Saudi J Anaesth*. 2019 Apr;13(Suppl 1):S31-S34. doi: 10.4103/sja.SJA_543_18. PMID: 30930717; PMCID: PMC6398292.
34. Molina-Molina A, Ruiz-Malagón EJ, Carrillo-Pérez F, Roche-Seruendo LE, Damas M, Banos O, García-Pinillos F. Validation of mDurance, A Wearable Surface Electromyography System for Muscle Activity Assessment. *Front Physiol*. 2020 Nov 27;11:606287. doi: 10.3389/fphys.2020.606287. PMID: 33329060; PMCID: PMC7732544.
35. Hermens HJ, Freriks B, Disselhorst-Klug C, Rau G. Development of recommendations for SEMG sensors and sensor placement procedures. *J Electromyogr Kinesiol*. 2000 Oct;10(5):361-74. doi: 10.1016/s1050-6411(00)00027-4. PMID: 11018445.
36. Demoulin C, Vanderthommen M, Duysens C, Crielaard JM. Spinal muscle evaluation using the Sorensen test: a critical appraisal of the literature. *Joint Bone Spine*. 2006 Jan;73(1):43-50. doi: 10.1016/j.jbspin.2004.08.002. PMID: 16461206.