

# Efecto de tres tipos de estiramiento en la elasticidad de musculatura isquiotibial. Ensayo clínico aleatorizado

## *Effect of three types of stretching on the elasticity of the hamstring muscles. Randomized clinical trial*

del Blanco-Muñiz JA<sup>a,b</sup>, Calleja-Rodríguez A<sup>a</sup>, Pérez-Alcalde AI<sup>a</sup>, Sosa-Reina MD<sup>a</sup>, Fernández-Rodríguez F, Miñambres D<sup>a</sup>, López-Collado E<sup>a</sup>, Gilsanz E<sup>a</sup>, Jaen Crespo G<sup>a</sup>

<sup>a</sup> Departamento de Fisioterapia, Facultad de Ciencias de la Actividad Física y Fisioterapia, Universidad Europea de Madrid. Madrid, España.

<sup>b</sup> Grupo de Investigación en Ejercicio Terapéutico y Rehabilitación Funcional. Universidad Europea de Madrid. Madrid, España.  
José Ángel del Blanco Muñiz: ORCID: 0000-0002-9952-356X  
Diego Miñambres Martín: ORCID: 0000-0002-2578-9154  
Gonzalo Jaen Crespo: ORCID: 0000-0001-9299-6949

### Correspondencia:

José Ángel del Blanco Muñiz  
joseangel.delblanco@universidadeuropea.es

Recibido: 2 diciembre 2022

Aceptado: 30 enero 2023

### RESUMEN

**Introducción:** la relación de la elasticidad de la musculatura isquiotibial y el rango articular de la cadera está demostrada; y por ello, en el presente estudio nos hemos marcado como objetivo principal comparar la efectividad de 3 métodos de estiramiento en la ganancia de elasticidad de esa musculatura: Estiramientos Estáticos, Técnica de Energía Muscular y Reeducción Postural Global; y como objetivo secundario nos planteamos la posible relación entre acortamiento de esa musculatura y el dolor lumbar. **Material y método:** se realizó un estudio clínico aleatorizado a ciego simple prospectivo y longitudinal siguiendo las recomendaciones y criterios de *Consolidated Standards of the Reporting Trials* (CONSORT). El muestreo fue por conveniencia. Fueron reclutados para el estudio 148 sujetos, con una edad de 22,50 años (21-24), todos ellos estudiantes de la asignatura de Fisioterapia Osteopática del Grado en Fisioterapia de la Universidad Europea de Madrid. Para el análisis de los resultados de cada intervención se usaron 4 variables: *test dedos-suelo*, *test seat and reach*, ángulo poplíteo y elevación de pierna recta. **Resultados:** los 3 métodos de estiramiento fueron igual de efectivos en la ganancia de elasticidad de isquiotibiales respecto al grupo control, no encontrando diferencias significativas entre ellos. En cuanto al segundo objetivo, los resultados mostraron que los sujetos con algún episodio de dolor lumbar en el último año presentaron un mayor acortamiento de isquiotibiales en el test de elevación de pierna recta respecto a los sujetos sin episodios de dolor lumbar previos. **Conclusión:** los 3 métodos de estiramiento son efectivos para aumentar la elasticidad de la musculatura isquiotibial y ganar ROM de cadera; la relación entre el acortamiento muscular isquiotibial y los episodios de dolor lumbar previo deberán investigarse en profundidad.

**Palabras clave:** ejercicios de estiramiento muscular, músculos isquiotibiales, dolor lumbar

### ABSTRACT

**Introduction:** the relationship between the elasticity of the hamstring musculature and the joint range of the hip has been demonstrated; therefore, in the present study we have set ourselves the main objective of comparing the

*effectiveness of 3 stretching methods in gaining elasticity of this muscle: Static Stretching, Muscle Energy Technique and Global Postural Re-education. As a secondary objective, we considered the possible relationship between the shortening of this muscle and low back pain. Material and method: a prospective longitudinal single-blind randomized clinical study was conducted following the recommendations and criteria of the Consolidated Standards of the Reporting Trials criteria (CONSORT). The sampling was for convenience. 148 subjects aged 22.50 (21-24) were recruited for the study, all of them students of the Osteopathic Physiotherapy course of the Degree in Physiotherapy at the European University of Madrid. For the analysis of the results of each intervention, 4 variables were used: finger-floor test, seat and reach test, knee angle and straight leg raise. Results: the 3 stretching methods were equally effective in gaining elasticity of the hamstrings compared to the control group, finding no significant differences between them; Regarding the second objective, the results showed that the subjects with some episode of low back pain in the last year presented a greater shortening of the hamstrings in the straight leg raise test compared to the subjects without previous episodes of low back pain. Conclusion: the 3 stretching methods are effective in increasing the elasticity of the hamstring muscles and gaining hip ROM; the relationship between hamstring shortening and previous episodes of low back pain should be further investigated.*

**Keywords:** Muscle stretching exercises, hamstring muscles, low back pain.

## DISPONIBILIDAD DE LOS DATOS DEL ESTUDIO

Los datos generados en este estudio se incluyen en el presente artículo.

## INTRODUCCIÓN

La pérdida de amplitud articular (*range of motion*, ROM) relacionada con la pérdida de capacidad elástica de musculatura isquiotibial parece estar íntimamente relacionada con la presencia de dolor lumbar<sup>(1)</sup>. Por otro lado, los estiramientos han sido utilizados tradicionalmente para tratar de mejorar el ROM, reducir el dolor y prevenir lesiones<sup>(2)</sup>.

La explicación clásica sobre el efecto fisiológico de los estiramientos se basaba en una liberación de los sarcómeros que permanecían en contracción con el músculo en reposo<sup>(3)</sup>, sin embargo, estudios más recientes parecen indicar que los efectos que se producen no se realizan tanto sobre la longitud y elasticidad del tendón si no sobre su capacidad contráctil<sup>(4)</sup> y que dichos cambios aparecen por tolerancia al mismo con efecto a corto plazo, salvo en estiramientos prolongados como en la re-educación postural global (RPG).

Es habitual encontrar en la literatura una relación entre dolores poco específicos y la reducción de la capacidad elástica del músculo; por ejemplo, el acorta-

miento de isquiotibiales se asocia a dolores idiopáticos de tobillo en la marcha<sup>(5)</sup> y con la disminución de rango de movimiento en la cadera en sujetos que experimentan dolor femoropatelar<sup>(6)</sup>.

Además de en afectaciones musculoesqueléticas menos específicas, la mejoría del ROM parece ir acompañada de una mejoría tanto del dolor como de los índices de calidad de vida de los pacientes en patologías como la fatiga crónica<sup>(7)</sup> y como la osteoartritis<sup>(8)</sup>.

Entre los métodos de estiramiento más utilizados en los estudios sobre su efecto sobre el dolor encontramos las Técnicas de Energía Muscular (post-isométricos) y los estáticos<sup>(9)</sup>.

El método de estiramiento RPG, desarrollado por Philippe Souchart<sup>(9-11)</sup>, se basa en el concepto de que el sistema muscular actúa en conjunto, organizándose en forma de «cadenas musculares», principalmente una cadena anterior y otra posterior<sup>(9,11-14)</sup>. Estas cadenas pueden sufrir retracciones por diversos factores, constitucionales, conductuales o psicológicos<sup>(9)</sup>.

Algunos estudios hablan de la eficacia de la RPG en el tratamiento de pacientes con diferentes trastornos y deficiencias musculoesqueléticas<sup>(9,12,13,15)</sup>, mejorando la movilidad, flexibilidad, fuerza muscular y capacidad funcional<sup>(12)</sup>, aunque dichos estudios animan a realizar más investigaciones en dicho campo<sup>(9)</sup>.

Dado su alto impacto económico en los sistemas de salud y su alta prevalencia encontramos un gran número

de publicaciones<sup>(1,16-18)</sup> relativas a las lumbalgias; la prevalencia en España en el año 2017 fue del 17,1 % para los hombres y del 24,5 % para las mujeres cuyos gastos supusieron el 0,68 % del PIB<sup>(19)</sup>. Datos similares se encontraron en Alemania entre los años 2000 y 2019<sup>(20)</sup>. A nivel europeo la prevalencia media es del 7,5 % y supone la primera causa mundial de años vividos con discapacidad<sup>(21)</sup>.

Parece haber una correlación entre la disminución de la capacidad elástica de la musculatura isquiotibial y la disminución del ROM de cadera con el riesgo de desarrollar dolor lumbar<sup>(18)</sup>. Diferentes estudios han usado métodos de estiramiento como tratamiento del dolor lumbar no-específico; por ejemplo, el ejercicio domiciliario basado en estiramientos suaves y posturas de relajación que suponían una disminución del dolor y un aumento de la calidad de vida en base al metaanálisis del equipo de Quentin<sup>(22)</sup>.

Shiri y cols. en su metaanálisis de 2018<sup>(23)</sup> concluyen que la combinación de ejercicios aeróbicos, de fortalecimiento y estiramiento son una buena opción en la prevención del dolor lumbar. A esta conclusión han llegado en otros estudios como en la revisión sistemática de Van Hoof y cols.<sup>(24)</sup>, si bien es cierto que en otras revisiones otros autores sugieren que su alcance terapéutico podría ser limitado<sup>(25)</sup>.

Dado al gran impacto socioeconómico de la lumbalgia en España y la relación que parece existir con la disminución de la capacidad elástica de musculatura isquiotibial, nos planteamos diseñar el presente estudio que tiene como objetivo principal comparar la efectividad de 3 métodos de estiramiento, estáticos, post-isométricos y de RPG; siendo otro objetivo secundario de este estudio observar la relación entre capacidad elástica de musculatura isquiotibial y la presencia de dolor lumbar previo en el último año en sujetos sanos.

## MATERIAL Y MÉTODO

### Diseño del estudio

Se realizó un estudio clínico aleatorizado a ciego simple prospectivo y longitudinal, siguiendo las recomendaciones y criterios de *CONsolidated Standards of the Reporting Trialscriteria* (CONSORT).

### Consideraciones éticas

La Universidad Europea de Madrid aceptó por medio de su Comité de Ética de la Investigación Clínica (CEIC), esta propuesta de investigación en marzo de 2022, con código CIPI/22.147. Se detalló el procedimiento investigador que procedería, desarrollado en las páginas posteriores. Se dejó, constancia del cumplimiento de la Declaración de Helsinki, la Ley Biomédica, la Ley de Autonomía del Paciente en el Tratamiento de sus Datos, y la Ley Orgánica de Protección de Datos. La realización de la investigación se realizó dentro de las instalaciones de la UEM, en Madrid, y todos los sujetos leyeron y firmaron previamente el consentimiento informado.

### Promoción del estudio

Se elaboraron carteles divulgativos, con motivo de las Jornadas de la Ciencia organizadas por la propia Universidad, además de la comunicación vía interna de la misma.

Se proporcionó a todas personas interesadas en tomar parte en este estudio un documento informativo del mismo, el cual fue aprobado por el CEIC de la Universidad Europea de Madrid. Dicho documento describía los procedimientos a realizar, así como sus riesgos y beneficios, y certificaba su confidencialidad y su nulo coste. También facilitaba un contacto directo para la aclaración de las dudas y preguntas que pudieran surgir.

### Muestra

Fueron reclutados por muestreo de conveniencia 148 sujetos para el estudio, con una edad de 22,50 años (21-24), todos ellos estudiantes de la asignatura de Fisioterapia Osteopática II. Cada participante realizó una sesión del estiramiento asignado de forma aleatoria.

Los sujetos fueron evaluados en base a unos criterios de inclusión y exclusión predeterminados. Los criterios de exclusión quedaron registrados en una anamnesis inicial. Una vez reclutados todos los participantes se les propuso firmar un consentimiento informado.

### Criterios de Inclusión

- Firma del consentimiento informado.
- Hombres o mujeres de entre 18 y 30 años.

### Criterios de Exclusión

- Recibir tratamiento físico, fisioterápico o de órtesis/plantillas que pueda afectar a los resultados del estudio.
- Dolor lumbar presente asociado y/o lesión o patología de miembro inferior que pueda afectar al estudio.
- Cirugía previa de columna o miembros inferiores.
- Presencia de entumecimiento o dolor radicular en miembros inferiores.
- Pacientes con patología inflamatoria que limite el rango articular.
- Embarazo.
- Pacientes con alteraciones neurológicas.

### Criterios de Eliminación

- Abandono del estudio, o ausencia del paciente en alguna evaluación.

### Procedimiento

#### Asignación de grupos

Los participantes en el estudio fueron distribuidos mediante aleatorización por el programa informático Epidat® en 4 grupos. Grupo de tratamiento 1 (G1), en el cual se aplicó la postura «bailarina» del método RPG; grupo de tratamiento 2 (G2), en el que se aplicaron Técnicas de Energía Muscular; grupo de tratamiento 3 (G3), en el cual se aplicaron Estiramientos Pasivos Estáticos, y grupo control (GC), a los cuales no se les aplicó técnica alguna.

#### Periodos de recogida de muestra

La recogida de muestra se realizó la segunda semana de marzo de 2022.

### Descripción de la intervención

Los sujetos, que aceptaron de manera voluntaria su participación en el estudio, fueron citados en un primer momento para una entrevista en la que se anotaron sus datos personales y se comprobó que cumplían con los criterios de inclusión/exclusión. Tras lo cual, y en caso de que cumplieran con los requisitos mencionados, se les invitó a firmar un consentimiento informado en el que se detallaban los procedimientos del tratamiento y aceptaban la cesión de sus datos.

El tratamiento recibido por los pacientes voluntarios constaba de una parte común para los 4 grupos y de una parte específica para cada grupo.

#### Parte común del estudio

Los participantes incluidos en este estudio recibieron una intervención con 2 evaluaciones: preintervención y posintervención. Las evaluaciones consistieron en la valoración de la capacidad elástica de la musculatura isquiotibial de forma bilateral, mediante la realización del *Sit and Reach Test*, la medición de distancia dedos-suelo, la medición del ángulo poplíteo, y la medición de la elevación de la pierna.

#### Variables de medición de la capacidad elástica de isquiotibiales

Se toman 2 medidas de cada sujeto de su capacidad elástica, justo antes y justo después de la intervención asignada.

**1. Test dedos-suelo.** Sujeto subido en un escalón: se inclina hacia adelante con sus manos juntas, palma de una mano sobre dorso de la otra y trata de llegar a tocar los dedos de pie o superarlos: se toma la medida en Centímetros (+) si supera la altura de los pies y en Centímetros (-) si no llega. Mientras el sujeto hace el test, un evaluador controla compensaciones (tobillo a 90°: evitar posteriorización de tibia, no flexionar rodillas, cabeza y cuello en posición neutra, no flexionada) y otro mide la distancia con cinta métrica.

**2. Test seat and reach.** Sujeto sentado en suelo o

camilla con espalda recta, pies apoyados en 90° de flexión de tobillo en Box; se inclina hacia adelante con manos juntas como en el anterior test y se toma medida: el 0 coincide con la posición de los pies y se mide en Centímetros (+) los que los superen con manos y en Centímetros (-) los que no lleguen. Un evaluador controla las posibles compensaciones (evitar flexionar rodillas, cuello en posición neutra, planta de pies en contacto con Box) y otro evaluador anota medición.

**3. Elevación de pierna recta.** Sujeto en decúbito supino y piernas rectas; de forma pasiva el evaluador eleva una pierna hasta que el sujeto no pueda más, bien por molestias o bien por la aparición de compensaciones; el procedimiento se repite con cada pierna; mientras un evaluador evita compensaciones (muslo y rodilla de miembro contralateral pegados a camilla, cabeza alineada con tronco) otro evaluador toma medición con cinta métrica.

**4. Angulo poplíteo.** Sujeto en decúbito supino en la camilla; el evaluador flexiona una cadera 90° y extiende la rodilla pasivamente hasta que el sujeto no pueda más o aparezcan compensaciones; otro evaluador se asegura que la pierna contraria permanece extendida en la camilla.

### Parte específica

Las intervenciones fueron realizadas por el mismo terapeuta con más de 15 años de experiencia. Cada sujeto realizó el tipo de estiramiento asignado:

**1. Estiramiento pasivo estático.** Un evaluador realiza de forma pasiva estiramientos de 30 segundos a cada grupo muscular siguiente:

- Gemelos: en decúbito supino; flexión de tobillo con rodilla extendida hasta máxima barrera permitida por la tolerancia del sujeto o por resistencia del tejido.
- Sóleo: en prono, con 90° de flexión de rodilla, se mantiene el estiramiento 30".
- Isquiotibiales: en supino, 90° de flexión de cadera,

un evaluador extiende pasivamente rodilla hasta límite o bien de dolor/compensaciones o bien de resistencia; mientras, otro evaluador mantiene y controla extendido el miembro inferior contrario.

- Glúteos; en decúbito supino con rodilla flexionada, el terapeuta flexiona la cadera del sujeto hasta límite y lo mantiene 30". Otro terapeuta controla miembro contrario.

**2. TEM.** Mismas posturas que para los pasivos estáticos; en este caso se alcanza una primera barrera de resistencia y se pide al sujeto que contraiga con una fuerza del 50 % el músculo estirado durante 10 segundos y se alcanza una segunda barrera; se repite 3 veces.

**3. RPG: Postura de la bailarina.** De forma activa, el sujeto mantiene una postura de autoelongación de cadena posterior con talones juntos y una angulación de pies de 30°, tobillos en 90° de flexión, rodillas extendidas y va flexionando la cadera sin perder la alineación del occipital con D4 y sacro, manteniendo una respiración regular; el avance de la flexión de cadera se detiene si aparecen compensaciones a esa postura.

### Análisis estadístico

Se realizó con el programa SPSS, versión 21 (IBM SPSS Statistics 21; SPSS Inc., Chicago). Se evaluó la normalidad de los datos mediante el test de Shapiro Wilk. Debido a que todas las variables estudiadas presentaron una distribución no normal, los contrastes de hipótesis se realizaron mediante test no paramétricos. Las variables antropométricas y sociodemográficas cuantitativas se analizaron mediante el test de Kruskal-Wallis, el cual se utiliza para comparar muestras independientes. Las variables cualitativas se analizaron mediante el test Chi cuadrado. Los datos obtenidos después de cada intervención en comparación con los datos obtenidos antes de la intervención (análisis pre-post), se analizaron mediante el test de Wilcoxon. Se calculó el tamaño del efecto mediante la *r* de Rosenthal, siendo este pequeño si  $r = 0,10$ ; mediano si  $r = 0,30$  y grande si  $r = 0,50$ . Asimismo, se analizó la diferencia existente entre los valores post-intervención y pre-intervención mediante el test

de Kruskal-Wallis. Además, se realizó la prueba post-hoc de Dunn Bonferroni, con el objetivo de conocer dónde se encontraban las diferencias observadas.

## RESULTADOS

No hay diferencias estadísticamente significativas en cuanto a los datos antropométricos y sociodemográficos entre los sujetos de todos los grupos estudiados (tabla 1).

En todos los grupos, excepto en el control se observó una mejoría estadísticamente significativa de todos los test o variables tras realizar la intervención en comparación con el estado basal. El grupo control también mostró una mejoría en el test *sit and reach*. En todos los grupos de intervención hubo mejorías en comparación con el grupo control. Sin embargo, ningún grupo de intervención mostró ser más efectivo que otro (tablas 2, 3 y 4).

Con respecto a la presencia de episodios de dolor lumbar previos en el último año, no se observó diferencias estadísticamente significativas en ninguna de las variables estudiadas, a excepción de la elevación de tanto la pierna izquierda como la derecha, ya que aquellos sujetos que no sufrieron lumbalgias elevaban más ambas piernas (tabla 5). Y, por último, no hubo diferencias entre

los grupos de intervención en cuanto a la mejora de ninguna de las variables en función de haber sufrido episodios de lumbalgia o no en el último año. Todos los grupos mejoraron en todas las variables con respecto al grupo control (tabla 6).

## DISCUSIÓN

El estudio se ha podido llevar a cabo gracias a la organización y colaboración de todas las partes implicadas.

Partiendo del material y de los recursos necesarios para la comprobación de los objetivos, se han realizado las mediciones previstas, obteniendo los datos que han servido para registrar las valoraciones que se pretendían alcanzar.

El objetivo principal de este estudio fue comparar la efectividad de 3 tipos de estiramientos sobre la extensibilidad de la musculatura isquiotibial. Estos estiramientos son: estiramientos estáticos, postisométricos (TEM) y globales (RPG).

En cuanto al sistema de valoración se utilizaron 4 test: test dedos-suelo, *seat and reach*, elevación de pierna recta y medición del ángulo poplíteo, a través de

TABLA 1. Características antropométricas y sociodemográficas de los participantes.

	RPG (n = 38)	TEM (n = 37)	Analítico (n = 37)	Control (n = 36)
<b>Edad</b>	22,50 (21–24)	23 (21–24)	22 (21–24)	22,50 (22–24,5)
<b>Peso</b>	170 (165–177)	174 (164–180)	173 (167–185)	172 (168–179)
<b>Talla</b>	65 (59–74)	69 (56–76)	70 (63–85)	68,50 (62–76)
<b>IMC</b>	21,95 (19,66–23,90)	22,30 (21,09–24,60)	23,31 (20,57–24,90)	22,60 (20,83–24,04)
<b>Sexo: mujer; (n; porcentaje)</b>	16; (42,1)	16; (43,2)	16; (43,2)	15; (15,47)
<b>Dolor lumbar en el último año; (n; porcentaje)</b>	12; (31,60)	17; (45,90)	17; (45,90)	14; (38,90)

Nota: Los datos son expresados en mediana y rango intercuartílico (percentil 75 -percentil 25). \*p < 0,05 entre el grupo vs control; †p < 0,05 entre el grupo y RPG; ‡p < 0,05 entre el grupo y TEM. El contraste de hipótesis se realizó mediante la prueba Kruskal-Wallis para las variables cuantitativas y chi cuadrado para las variables cualitativas.

TABLA 2. Resultados de la comparación entre el antes y el después de la intervención en cada grupo.

	RPG (n = 38)				TEM (n = 37)			
	Pre	Post	p-valor	Tamaño del efecto	Pre	Post	p-valor	Tamaño del efecto
Test dedos-suelo	-1 [8-(-13)]	3,75 [12-(-3,20)]	<b>0,000*</b>	r = -0,40	1 [9-(-5)]	7 [14-3]	<b>0,000*</b>	r = -0,40
Test sit and reach	2,88 [11,33-(-3,33)]	5,30 [13,3-0,0]	<b>0,000*</b>	r = -0,52	7,30 [10,30-0,00]	9 [12-1]	<b>0,000*</b>	r = -0,42
Ángulo poplíteo izquierdo	150 [165-32]	157 [169-40]	<b>0,000*</b>	r = -0,41	153 [170,3-144]	158 [175-150]	<b>0,004*</b>	r = -0,33
Ángulo poplíteo derecho	147 [168-133]	159 [171-142]	<b>0,000*</b>	r = -0,41	155 [165-143]	160 [172-154]	<b>0,000*</b>	r = -0,41
Elevación pierna izquierda	91 [96-81]	93 [98-83]	<b>0,001*</b>	r = -0,38	93 [100-88]	98,5 [102,6-90]	<b>0,002*</b>	r = -0,36
Elevación pierna derecha	81,17 [97,7-83]	93,5 [96-86]	<b>0,017*</b>	r = -0,27	93 [100-88]	96 [100-90,7]	<b>0,000*</b>	r = -0,45

  

	Analítico (n = 37)				Control (n = 36)			
	Pre	Post	p-valor	Tamaño del efecto	Pre	Post	p-valor	Tamaño del efecto
Test dedos-suelo	-3 [6-(-14)]	2,1 [-6-8]	<b>0,001*</b>	r = -0,39	1 [4-(-4)]	1,35 [6-(-4)]	0,052	r = -0,23
Test sit and reach	1,70 [5-(-4,50)]	2,10 [8-(-2)]	<b>0,000*</b>	r = -0,50	4,25 [7,75-0,50]	4,75 [8-1,15]	<b>0,009*</b>	r = -0,31
Ángulo poplíteo izquierdo	148 [160-130]	155,6 [168-145]	<b>0,000*</b>	r = -0,53	150,15 [170,50-38,25]	152,50 [167-138,5]	0,656	r = -0,05
Ángulo poplíteo derecho	150 [160-134]	158 [170-140]	<b>0,000*</b>	r = -0,46	152 [170-138,25]	151,5 [168-140]	0,782	r = -0,03
Elevación pierna izquierda	93 [97-85]	92 [101-87]	<b>0,028*</b>	r = -0,25	94,15 [99,25-89,5]	94,5 [98-82,5]	0,600	r = -0,06
Elevación pierna derecha	90,33 [96-84]	92,67 [99-85]	<b>0,002*</b>	r = -0,35	93 [99,25-84,5]	93,97 [98-84,54]	0,505	r = -0,08

Nota: Los datos son expresados en mediana y rango intercuartílico (percentil 75 -percentil 25).

\*p < 0,05 mediante la prueba de Wilcoxon.

TABLA 3. Resultados de la diferencia entre la post-intervención y la pre-intervención.

Diferencia post-pre	RPG (n = 38)	TEM (n = 37)	Analítico (n = 37)	Control (n = 36)	p-valor
Test dedos-suelo	4,5 [6,5-2,5]	3 [6,3-1,5]	2,1 [5-1,1]	5 [0-0,5]	0,000*
Test sit and reach	2,8 [4,8-1,4]	2 [3,7-0,4]	2,5 [4,5-0,7]	4,5 [-0,05-0,5]	0,000*
Ángulo poplíteo izquierdo	3,2 [7,4-0,0]	5 [11,3-0,0]	5,5 [11-3]	11 [-1-0]	0,000*
Ángulo poplíteo derecho	4 [10-0]	5 [15-0]	5 [10-1]	10 [-1,5-0]	0,001*
Elevación pierna izquierda	2,75 [5-0]	3 [5-(-0,4)]	2 [6-(-0,4)]	6 [-3-0]	0,006*
Elevación pierna derecha	1,5 [5-(-1)]	3 [5-0]	3 [7-(-1)]	7 [-1,75-0,7]	0,002*

Nota: Los datos son expresados en mediana y rango intercuartílico (percentil 75 -percentil 25).

\*p<0,05 mediante la prueba de Kruskal-Wallis.

TABLA 4. Resultados del análisis post-hoc de Krsukal-Wallis ajustado

Diferencia post-pre	RPG (n = 38)	TEM (n = 37)	Analítico (n = 37)	Control (n = 36)
Test dedos-suelo	4,5 [6,5-2,5]*	3 [6,3-1,5]*	2,1 [5-1,1]*	5 [0-0,5]
Test sit and reach	2,8 [4,8-1,4]*	2 [3,7-0,4]*	2,5 [4,5-0,7]*	4,5 [-0,05-0,5]
Ángulo poplíteo izquierdo	3,2 [7,4-0,0]*	5 [11,3-0,0]*	5,5 [11-3]*	11 [-1-0]
Ángulo poplíteo derecho	4 [10-0]*	5 [15-0]*	5 [10-1]*	10 [-1,5-0]
Elevación pierna izquierda	2,75 [5-0]*	3 [5-(-0,4)]*	2 [6-(-0,4)]*	6 [-3-0]
Elevación pierna derecha	1,5 [5-(-1)]	3 [5-0]	3 [7-(-1)]*	7 [-1,75-0,7]

Nota: Los datos son expresados en mediana y rango intercuartílico (percentil 75 -percentil 25).

\*p < 0,05 entre el grupo vs control; †p < 0,05 entre el grupo y RPG; ‡p < 0,05 entre el grupo y TEM.

TABLA 5. Resultados de los tests realizados antes de la intervención en función del dolor lumbar

	Dolor lumbar	
	Sí	No
Test dedos-suelo	0 (-5,5-3,5)	1 (0-6)
Test sit and reach	4 (-1,5-6)	5,7 (1,2-9,1)
Ángulo poplíteo izquierdo	150 (130,5-171)	153,15 (143-159)
Ángulo poplíteo derecho	149,5 (134-170)	154,5 (142-161,7)
Elevación pierna izquierda	91,75 (83-96)	97,65 (91-99,6)*
Elevación pierna derecha	89 (80-97)	98,75 (86-102)*

Nota: Los datos son expresados en mediana y rango intercuartílico (percentil 75 -percentil 25). \*p < 0,05 entre los grupos.

TABLA 6. Resultados de las diferencias entre pre y post entre los grupos en función del dolor lumbar.

Diferencia post-pre	RPG		TEM	
	Dolor lumbar			
	no	sí	no	sí
Test dedos-suelo	5 (3,3-6,6)*	3,5 (2,08-5,08)*	2,0 (0,20-5,55)*	3,8 (3-6,7)*
Test sit and reach	2,92 (1,1-4,5)*	2,25 (1,45-6)*	2,75 (0,65-3,9)	0,5 (0-3,5)
Ángulo poplíteo izquierdo	1,5 (0-7,40)	4,33 (0-8)	3,0 (-0,5-14,5)	5,0 (0-8)
Ángulo poplíteo derecho	4,0 (0-11)	2,65 (0-8)	3,5 (0-11,5)	6,0 (0-18,34)
Elevación pierna izquierda	2,25 (-1-4,40)*	3,33 (1,3-10,35)*	3,0 (-1,45-5)	2,0 (0-3,94)
Elevación pierna derecha	1,0 (-2-4,34)	4,17 (-0,67-8)	3,5 (0,5-5)	1,0 (-0,30-5)

Diferencia post-pre	Analítico		Control	
	Dolor lumbar			
	no	sí	no	sí
Test dedos-suelo	2,00 (0,7-3,75)*	2,14 (1,5-5,6)*	0,5 (0-1)*	0,4 (-0,3-1)
Test sit and reach	2,75 (0,3-5)	2,0 (1,5-3,4)	-0,5 (0-1)	0,25 (-0,7-1,2)
Ángulo poplíteo izquierdo	5,0 (2,5-10,7)	7,0 (3-11,7)	0,0 (-2,5-1)	1,84 (-1-5)

TABLA 6. Resultados de las diferencias entre pre y post entre los grupos en función del dolor lumbar (continuación).

Diferencia post-pre	Analítico		Control	
	no	sí	no	sí
Ángulo poplíteo derecho	4,95 (0–8,8)	8,0 (2–10)	0,0 (-2–1)	1,0 (-0,40–3,5)
Elevación pierna izquierda	2,5 (-0,05–5,5)	2,0 (-0,40–7)	0,0 (-3–3)	-0,25 (-1,1– -3,60)
Elevación pierna derecha	2,67 (-1,9–6,3)*	4,60 (0–7)*	1,0 (0–3)	-1,0 (-2–2)

Nota: Los datos son expresados en mediana y rango intercuartílico (percentil 75 -percentil 25).

\*p < 0,05 entre el grupo vs control; †p < 0,05 entre el grupo y RPG; ‡p < 0,05 entre el grupo y TEM.

Se realizó un análisis post-hoc de Kruskal-Wallis ajustado.

los cuales se hizo una medición de la longitud de la musculatura isquiotibial antes de la intervención (estiramiento), y otra después de la intervención

Los cuatro grupos de la muestra tenían igual número de sujetos y no mostraron diferencias significativas con respecto a su distribución por edad, género e índice de masa corporal (IMC), lo que podría haber alterado los resultados del estudio.

Los resultados de nuestro estudio mostraron que los 3 tipos de estiramientos produjeron una mejora estadísticamente significativa en la capacidad elástica de la musculatura isquiotibial con respecto a los individuos del grupo control, lo que también se constata en estudios previos<sup>(2)</sup>.

En cuanto al tipo de estiramiento, nuestros resultados no mostraron diferencias significativas entre ellos. Estudios previos que han comparado la efectividad de los estiramientos estáticos de isquiotibiales respecto a técnicas de energía muscular concluyeron que esta última técnica es más efectiva que los estiramientos estáticos en el aumento de elasticidad y ganancia de ROM de cadera<sup>(28)</sup>; esta diferencia en los resultados puede deberse a la variedad metodológica de los estudios, sobre todo en la diferencia de tiempos de mantenimiento de cada estiramiento.

No hemos encontrado estudios que comparen la efectividad del estiramiento global mediante RPG respecto a estiramientos estáticos o de energía muscular. En nuestro trabajo, los resultados fueron similares a las

otras 2 técnicas lo que avala su uso como método para ganar ROM de cadera por aumento de elasticidad en musculatura isquiotibial. En este sentido el estudio de Vannise de Melo<sup>(26)</sup>, indica que la RPG aumenta el rango de amplitud articular (ROM) de la cadera.

Hemos encontrado estudios en los que se compara la efectividad de los estiramientos estáticos y las TEM con otras técnicas de estiramiento globales como la facilitación neuromuscular propioceptiva<sup>(27, 28)</sup>, que comparten conceptos de base con el RPG, tal como el de la globalidad e incluir un grupo muscular como los isquiotibiales dentro de una cadena muscular. La conclusión de estos estudios fue similar a la nuestra en el sentido de no encontrar diferencias significativas en su efectividad<sup>(27)</sup>.

Otro dato relevante que hemos observado en relación con el objetivo secundario planteado en este estudio, es que existe una correlación entre la longitud inicial de la musculatura isquiotibial con la presencia de episodios de dolor lumbar previos en el último año, de tal forma que los individuos que habían padecido una lumbalgia en el último año, presentaban una menor longitud inicial de la musculatura isquiotibial en el test de elevación de pierna recta, aunque esta correlación no tiene por qué implicar causalidad. Dado que este hallazgo solo se observó en el test de elevación de pierna recta y no en el resto de test, quizás pudiese ser justificado por un aumento de la mecanosensibilidad neural, al poner en mayor tensión a estructuras neurales. Pese a que hay

estudios que tratan de establecer una relación causal entre el acortamiento de la musculatura isquiotibial y la presencia de dolor lumbar<sup>(21,29)</sup>, la revisión de Hori<sup>(30)</sup> concluye que la calidad metodológica de los estudios que analizaron esa relación es muy baja, por lo que solo deberíamos hablar de correlación no causal.

Teniendo en cuenta que el acortamiento de isquiotibiales provoca una disminución del ROM de cadera. lo que está considerado como uno de los factores de riesgo para la aparición de dolor lumbar<sup>(29, 31)</sup>, podemos suponer que métodos de estiramiento globales como el RPG, como otros más analíticos centrados en ganar ROM de cadera como las TEM y los estáticos. pueden suponer una mejora en la sintomatología y establecer una posibilidad preventiva del dolor lumbar. En este sentido existen distintos estudios en los que se compara el uso de la RPG con otras técnicas como el control motor para el tratamiento del dolor lumbar, concluyendo que la RPG es más efectiva<sup>(32)</sup>.

Una limitación de nuestro estudio es que los datos obtenidos tras la intervención sólo se recogieron inmediatamente después y no a medio plazo para poder observar si los cambios se mantienen en el tiempo.

## CONCLUSIÓN

En conclusión, en base a los resultados obtenidos, los 3 tipos de estiramiento sujetos a este estudio, estiramientos estáticos, postisométricos y globales (RPG), consiguen aumentar a corto plazo y sin diferencias estadísticamente significativas entre ellos, la extensibilidad de la musculatura isquiotibial y el ROM de cadera.

Dado que el estudio tuvo como sujetos de evaluación a jóvenes sin presencia de dolor lumbar en el momento del estudio, no se puede concluir que las diferencias encontradas en el test de elevación de pierna recta en individuos con episodios previos de dolor lumbar y sin episodios previos guarden alguna relación causal.

## RESPONSABILIDADES ÉTICAS

**Protección de personas y animales.** Los procedimientos que se han seguido en este estudio cumplen los principios básicos de la Declaración de Helsinki de

la Asociación Médica Mundial, actualizada en 2013 en Fortaleza (Brasil) y completada con la declaración de Taipéi, de 2016 sobre las consideraciones éticas sobre las bases de datos de salud y los biobancos.

### Confidencialidad y consentimiento informado.

Los autores declaran ser los responsables de llevar a cabo los protocolos establecidos por su centro para evaluar a los sujetos participantes con finalidad de investigación y divulgación científica, y garantizan haber cumplido la exigencia de haber informado de forma verbal y escrita a todos los participantes que formaron parte del estudio, estando en posesión del consentimiento informado firmado por los sujetos.

**Confidencialidad de los datos y derecho a la privacidad.** Los autores declaran la garantía de la privacidad de los datos de los voluntarios y manifiestan que el manuscrito publicado no incumple la normativa de protección de datos de carácter personal. No se utilizan nombres, ni iniciales, ni números de historia clínica (o cualquier tipo de dato para la investigación que pudiera identificar a los participantes).

**Declaración de conflictos de interés.** Los autores declaran no tener conflicto de interés.

**Financiación.** Los autores declaran no haber recibido financiación alguna.

**Fuente de apoyo.** No hubo fuentes de apoyo.

**Contribuciones de autoría.** Todos los autores tuvieron idéntica participación en el estudio, tanto en su realización como en su redacción, reconociendo que han contribuido intelectualmente a su desarrollo, y declaran que han leído y aceptado la versión publicada del manuscrito, cumpliendo los requisitos para la autoría.

## AGRADECIMIENTOS

Agradecemos el esfuerzo y dedicación de los alumnos de la asignatura de Fisioterapia Osteopática 2 de la Universidad Europea de Madrid del curso 2021-2022.

## BIBLIOGRAFÍA

- Laird RA, Gilbert J, Kent P, Keating JL. Comparing lumbopelvic kinematics in people with and without back pain: a systematic review and meta-analysis. *BMC Musculoskelet Disord*. 2014 Jul 10; 15: 229.
- Page P. Current concepts in muscle stretching for exercise and rehabilitation. *Int J Sports Phys Ther*. 2012 Feb; 7(1): 109–19.
- Stretching and flexibility - Physiology of Stretching [Internet]. [cited 2022 Sep 24]. Available from: [https://web.mit.edu/tkd/stretch/stretching\\_2.html](https://web.mit.edu/tkd/stretch/stretching_2.html)
- Konrad A, Stafiliadis S, Tilp M. Effects of acute static, ballistic, and PNF stretching exercise on the muscle and tendon tissue properties. *Scand J Med Sci Sports*. 2017 Oct; 27(10): 1070–80.
- López-López J, Pulido-Valdeolivas I, Martín-Gonzalo JA, de Gorostegui A, Pérez-Villena A, Abenza-Albidua MJ, et al. Pain and Achilles tendon shortening in patients with idiopathic toe walking. *Rev Neurol*. 2021 Nov 1; 73(9): 307–14.
- Hamstra-Wright KL, Earl-Boehm J, Bolgia L, Emery C, Ferber R. Individuals with patellofemoral pain have less hip flexibility than controls regardless of treatment outcome. *Clin J Sport Med*. 2017 Mar 1; 27(2): 97–103.
- Rowe PC, Marden CL, Flaherty MAK, Jasion SE, Cranston EM, Fontaine KR, et al. Two-Year Follow-Up of Impaired Range of Motion in Chronic Fatigue Syndrome. *J Pediatr*. 2018 Sep; 200:2 49–253.
- Tsokanos A, Livieratou E, Billis E, Tsekoura M, Tatsios P, Tsepis E, et al. The Efficacy of Manual Therapy in Patients with Knee Osteoarthritis: A Systematic Review. *Medicina (Kaunas)*. 2021 Jul 7; 57(7): 696.
- Gonzalez-Medina G, Perez-Cabezas V, Ruiz-Molinero C, Chamorro-Moriana G, Jimenez-Rejano JJ, Galán-Mercant A. Effectiveness of Global Postural Re-Education in Chronic Non-Specific Low Back Pain: Systematic Review and Meta-Analysis. *J Clin Med*. 2021 Nov 16; 10(22): 5327.
- Pillastrini P, de Lima e Sá Resende F, Banchelli F, Burioli A, di Ciaccio E, Guccione AA, et al. Effectiveness of global postural re-education in patients with chronic nonspecific neck pain: Randomized controlled trial. *Phys Ther*. 2016 Sep; 96(9): 1408–16.
- Merinero D, Rodríguez-Aragón M, Álvarez-González J, López-Samanes Á, López-Pascual J. Acute Effects of Global Postural Re-Education on Non-Specific Low Back Pain. Does Time-of-Day Play a Role? *Int J Environ Res Public Health*. 2021 Jan 15; 18(2): 713.
- Mendes-Fernandes T, Puente-González AS, Márquez-Vera MA, Vila-Chã C, Méndez-Sánchez R. Effects of global postural reeducation versus specific therapeutic neck exercises on pain, disability, postural control, and neuromuscular efficiency in women with chronic nonspecific neck pain: Study protocol for a randomized, parallel, clinical trial. *Int J Environ Res Public Health*. 2021 Oct 12; 18(20): 10704.
- Pillastrini P, Banchelli F, Guccione A, di Ciaccio E, Violante FS, Brugnetini M, et al. Global Postural Reeducation in patients with chronic nonspecific neck pain: cross-over analysis of a randomized controlled trial. *Med Lav*. 2018 Feb 1; 109(1): 16–30.
- Abadiyan F, Hadadnezhad M, Khosrokiani Z, Letafatkar A, Akhshik H. Adding a smartphone app to global postural reeducation to improve neck pain, posture, quality of life, and endurance in people with nonspecific neck pain: a randomized controlled trial. *Trials*. 2021 Apr 12; 22(1): 274.
- Todri J, Lena O, Martínez Gil JL. An Experimental Pilot Study of Global Postural Reeducation Concerning the Cognitive Approach of Patients With Alzheimer's Disease. *Am J Alzheimers Dis Other Demen*. 2020 Jan-Dec; 35: 1533317519867824.
- Tousignant M, Poulin L, Marchand S, Viau A, Place C. The Modified-Modified Schober Test for range of motion assessment of lumbar flexion in patients with low back pain: a study of criterion validity, intra- and inter-rater reliability and minimum metrically detectable change. *Disabil Rehabil*. 2005 May 20; 27(10): 553–9.
- Mayorga-Vega D, Merino-Marban R, Viciano J. Criterion-Related Validity of Sit-and-Reach Tests for Estimating Hamstring and Lumbar Extensibility: a Meta-Analysis. *J Sports Sci Med*. 2014 Jan 20; 13(1): 1–14.
- Sadler SG, Spink MJ, Ho A, de Jonge XJ, Chuter VH. Restriction in lateral bending range of motion, lumbar lordosis, and hamstring flexibility predicts the development of low back pain: a systematic review of prospective cohort studies. *BMC Musculoskelet Disord*. 2017 May 5; 18(1): 179.
- Alonso-García M, Sarría-Santamera A. The Economic and Social Burden of Low Back Pain in Spain: A National Assessment of the Economic and Social Impact of Low Back Pain in Spain. *Spine (Phila Pa 1976)*. 2020 Aug 15; 45(16): E1026–32.

20. Jacob L, Koyanagi A, Smith L, Shin JI, Haro JM, Garthe T, et al. Prevalence of and factors associated with long-term sick leave in working-age adults with chronic low back pain in Germany. *Int Arch Occup Environ Health*. 2022 Sep; 95(7): 1549–56.
21. Wu A, March L, Zheng X, Huang J, Wang X, Zhao J, et al. Global low back pain prevalence and years lived with disability from 1990 to 2017: estimates from the Global Burden of Disease Study 2017. *Ann Transl Med*. 2020 Mar; 8(6): 299.
22. Quentin C, Bagheri R, Ugbohue UC, Coudeyre E, Pélissier C, Descatha A, et al. Effect of Home Exercise Training in Patients with Nonspecific Low-Back Pain: A Systematic Review and Meta-Analysis. *Int J Environ Res Public Health* [Internet]. 2021 Aug 10; 18(16): 8430.
23. Shiri R, Coggon D, Falah-Hassani K. Exercise for the Prevention of Low Back Pain: Systematic Review and Meta-Analysis of Controlled Trials. *Am J Epidemiol*. 2018 May 1; 187(5): 1093–101.
24. van Hoof W, O'Sullivan K, O'Keeffe M, Verschueren S, O'Sullivan P, Dankaerts W. The efficacy of interventions for low back pain in nurses: A systematic review. *Int J Nurs Stud*. 2018 Jan; 77: 222–31.
25. Owen PJ, Miller CT, Mundell NL, Verswijveren SJJM, Tagliaferri SD, Brisby H, et al. Which specific modes of exercise training are most effective for treating low back pain? Network meta-analysis. *Br J Sports Med*. 2020 Nov; 54(21): 1279–87.
26. Vannise de Melo Gomes A, Castro Lopes D, Moura Carvalho Veloso E, Conceição Torres Santos da Costa R. The influence of the global postural reeducation on flexibility of posterior chain muscles. *Fisioterapia Brasil*. 2014 Jul; 15(3): 200–6.
27. Yu S, Lin L, Liang H, Lin M, Deng W, Zhan X, et al. Gender difference in effects of proprioceptive neuromuscular facilitation stretching on flexibility and stiffness of hamstring muscle. *Front Physiol*. 2022 Jul 22; 13: 918176.
28. Kaya F. Positive Effects of Proprioceptive Neuromuscular Facilitation Stretching on Sports Performance: A Review. *J Educ Train Stud*. 2018 Apr 17; 6(6):1.
29. Radwan A, Bigney KA, Buonomo HN, Jarmak MW, Moats SM, Ross JK, et al. Evaluation of intra-subject difference in hamstring flexibility in patients with low back pain: An exploratory study. *J Back Musculoskelet Rehabil*. 2015; 28(1): 61–6.
30. Hori M, Hasegawa H, Takasaki H. Comparisons of hamstring flexibility between individuals with and without low back pain: systematic review with meta-analysis. *Physiother Theory Pract*. 2021 May; 37(5): 559–82.
31. Sadler SG, Spink MJ, Ho A, de Jonge XJ, Chuter VH. Restriction in lateral bending range of motion, lumbar lordosis, and hamstring flexibility predicts the development of low back pain: A systematic review of prospective cohort studies. *BMC Musculoskelet Disord*. 2017 May 5; 18(1): 179.
32. Kumar A. Global Postural Re-Education is More Effective than Motor Control Exercises in patients with Non-Specific Low Back Pain. *Muscles Ligaments Tendons J*. 2022 Apr 1; 12(2): 181–90.