

# Valoración de los efectos del deslizamiento neurodinámico del nervio ciático combinado con estiramiento muscular sobre la flexibilidad isquiotibial en atletas. Estudio comparativo experimental

## *Assessment of neurodynamic sciatic nerve sliding technique effects combined with muscle stretching on hamstring flexibility in track and field athletes. A comparative experimental study*

Grigelmo-Hernández S<sup>a</sup>, Riesgo-Álvarez E<sup>b, c</sup>

<sup>a</sup> Clínica de Fisioterapia y Osteopatía Roberto Ramos. Villamayor. Salamanca. España

<sup>b</sup> Departamento de Cirugía, Oftalmología, Otorrinolaringología y Fisioterapia, Facultad Ciencias de la Salud. Universidad de Valladolid. Soria. España

<sup>c</sup> Hospital Sierrallana, Torrelavega. Cantabria. España

### Correspondencia:

Sara Grigelmo Hernández  
saragriher\_1997@hotmail.com

Recibido: 10 abril 2020

Aceptado: 10 junio 2020

### RESUMEN

*Introducción:* las lesiones de isquiotibiales son muy frecuentes entre deportistas, siendo la falta de flexibilidad un factor de riesgo importante. Aunque entre las técnicas de prevención con eficacia demostrada están los estiramientos musculares, existe poca evidencia respecto a la aplicación de técnicas neurodinámicas en el deporte, más concretamente en el atletismo. El objetivo del estudio fue analizar si las técnicas de movilización neurodinámica y/o su combinación con los estiramientos musculares mejoran la flexibilidad isquiotibial en atletas. *Material y método:* los atletas se dividieron en 3 grupos: grupo de neurodinamia, donde se aplicó una técnica de deslizamiento neurodinámico (n = 11), grupo combinado, al que se aplicó el deslizamiento neurodinámico y estiramientos musculares (n = 12) y grupo control (n = 10). La valoración se efectuó mediante 3 pruebas realizadas pre y postintervención (ángulo poplíteo activo; elevación de la pierna recta y distancia dedo-suelo). El tratamiento constó de 8 sesiones, durante marzo y abril de 2019. *Resultados:* en todas las pruebas de valoración se observaron altos porcentajes de atletas con acortamiento. Un 40 % señaló haber padecido lesión isquiotibial previa. Tras el procedimiento, se consiguió un aumento significativo de la flexibilidad en ambos grupos de intervención ( $p < 0,01$ ), y una reducción del número de atletas con isquiotibiales acortados. *Conclusiones:* la falta de flexibilidad en los isquiotibiales es un factor de riesgo importante en la aparición de lesiones. La combinación de deslizamientos neurodinámicos y estiramientos musculares es un abordaje efectivo para mejorar la flexibilidad isquiotibial.

**Palabras clave:** flexibilidad, musculatura isquiotibial, neurodinámica, atletismo.

### ABSTRACT

*Introduction:* hamstring injuries are very common among athletes, and lack of flexibility is a major risk factor. Although stretching has proven efficacy, there is little evidence regarding the application of neurodynamic techniques in sport, specifically in track and field. The objective of the study was to analyze if neurodynamic mobilization techniques provide significant changes in hamstring flexibility. *Materials and method:* the athletes were divided

into 3 groups: a neurodynamic group where a neurodynamic sliding technique was applied ( $n = 11$ ), a combined group where neurodynamic sliding and muscle stretching was applied ( $n = 12$ ) and a control group ( $n = 10$ ). The assessment was made by means of three tests performed pre- and post-intervention (active knee extension, straight leg raise and distance on fingertip-to-floor). The treatment consisted of 8 sessions, between march and april 2019. Results: in all assessment tests, high percentages of athletes with shortening were observed, 40 % indicated having suffered a previous hamstring injury. After the procedure, a significant increase in flexibility was achieved in both intervention groups ( $p < 0.01$ ), and a reduction in the number of athletes with shortened hamstrings. Conclusions: lack of hamstring flexibility is an important risk factor in the onset of injuries at this level. The combination of neurodynamic slides and muscle stretching is an effective approach to improve hamstring flexibility.

**Keywords:** flexibility, hamstring muscles, neurodynamic, track and field.

## INTRODUCCIÓN

La musculatura isquiotibial constituye uno de los grupos musculares más solicitados en la práctica deportiva. Su tendencia al acortamiento y la gran cantidad de fuerzas y tensiones a las que están sometidos<sup>(1, 2)</sup> les hace vulnerables a sufrir lesiones, agudas en la mayor parte de los casos<sup>(3)</sup>. Entre los factores de riesgo más importantes se encuentran las alteraciones lumbopélvicas, la previa lesión isquiotibial, o el desequilibrio de fuerza entre flexores y extensores de rodilla<sup>(3)</sup>.

La falta de flexibilidad condiciona un peor rendimiento de la musculatura a todos los niveles (propiocepción, fuerza, etc.), además de provocar un cambio biomecánico en la región lumbopélvica<sup>(2, 4)</sup>. La evidencia científica demuestra que los estiramientos estáticos (EE) son efectivos en la mejora de la flexibilidad. No obstante, otro factor a considerar, es la implicación del sistema nervioso en la función musculoesquelética (neurodinámica), concretamente del nervio ciático, cuya mecanosensibilidad puede afectar directamente al correcto funcionamiento de los isquiotibiales<sup>(4)</sup>. Entre otros tratamientos, el deslizamiento de estructuras neurales es una técnica utilizada para revertir esta situación<sup>(4-8)</sup>. Sin embargo, la evidencia sobre su efectividad comparada con los estiramientos musculares es escasa.

Concretamente, en el ámbito deportivo, la aplicación del deslizamiento neurodinámico (movilización neural) ha sido estudiada en deportes como el fútbol<sup>(5, 9, 10)</sup>. Sin embargo, encontramos escasa evidencia de su aplicación en el atletismo. En esta práctica deportiva el acortamiento isquiotibial es una situación clínica común y muy determinante, especialmente en pruebas de veloci-

dad y vallas, ya que la longitud de los isquiotibiales, y más concretamente de la cabeza larga del bíceps femoral, sufre cambios bruscos de longitud durante las distintas fases de la carrera, exponiéndose a un mayor riesgo de lesión<sup>(11)</sup>.

Algunos autores sitúan las lesiones musculares, concretamente de la región del muslo (isquiotibiales y cuádriceps), como las más prevalentes. Suponen hasta un 50 % del total de las lesiones en velocistas y saltadores de vallas<sup>(12-15)</sup>. Varios estudios realizados tras importantes eventos de atletismo, revelaron que la lesión más diagnosticada fue la distensión a nivel isquiotibial<sup>(16, 17)</sup>.

El deslizamiento en elevación de la pierna recta (SLR, *Straight Leg Raise*) actúa sobre el nervio ciático, responsable de la inervación de los músculos isquiotibiales. Los deslizamientos neurodinámicos se definen como *maniobras cuyo fin es producir movimientos de deslizamiento de las estructuras neurales en relación con los tejidos adyacentes*<sup>(17)</sup>. Mediante estas maniobras se produce un efecto directo sobre el tejido nervioso, que provoca cambios dinámicos en el mismo.

Proponemos en el presente estudio la aplicación de movilización neural en atletas semiprofesionales, que puede provocar cambios mecánicos y fisiológicos en el sistema musculoesquelético y proporcionar indirectamente una mejora de la flexibilidad de los músculos, generalmente acortados, a través del incremento del rango de movimiento (ROM) de flexión de cadera y extensión de rodilla. El objetivo principal sería, por tanto, estudiar si las técnicas de movilización neurodinámica y/o su combinación con los estiramientos musculares aumentan la flexibilidad isquiotibial en atletas. Como objetivos secundarios se establecen observar la incidencia de lesión

a nivel isquiotibial y su posible relación con la práctica de estiramientos.

## **MATERIAL Y MÉTODO**

### **Diseño del estudio**

Se ha llevado a cabo un ensayo clínico aleatorizado (estudio de corte analítico y experimental) y de secuencia longitudinal. El ensayo se realizó en los clubes de atletismo Atletismo Numantino (Soria), Atlético Salamanca (Salamanca), Asociación Deportiva Capiscol y Club Deportivo Florentino Díaz Reig (Burgos). Los espacios donde se desarrolló el ensayo fueron Campus de Soria (Universidad de Valladolid), Pistas de Atletismo El Helmántico y Polideportivo San Amaro, respectivamente. Todos los participantes asistieron de manera voluntaria. La realización del estudio fue aprobada por el Comité de Ética de la Unidad de Investigación del Área de Salud de Soria.

### **Participantes**

La muestra inicial experimental fue de un total de 37 atletas, 25 hombres y 12 mujeres, con edades comprendidas entre 15 y 48 años. Todos ellos, inscritos en la Federación de Atletismo de Castilla y León, son corredores de las disciplinas de fondo, medio fondo, velocidad y vallas; 19 son fondistas (más de 1.500 metros lisos), 14 velocistas (100 – 400 metros lisos), 13 mediofondistas (800 – 1.500 metros lisos), 2 vallistas (110 – 400 metros vallas), y un atleta de pruebas combinadas (decatlón).

Tras la medición de referencia, 4 atletas fueron excluidos del estudio, antes de finalizar las 8 sesiones, 2 por falta de asistencia y otros 2 por sufrir durante el estudio una lesión incompatible con el mismo, por tanto, la muestra final fue de 33 atletas. Véase en la figura 1 el flujoograma del proceso de selección.

### **Descripción del procedimiento, material y mediciones**

Como punto de partida del estudio, se realizó una entrevista personal con los participantes, en la que se pre-

guntó a cada atleta sobre la incidencia de dolor y/o lesiones en la zona lumbar y/o miembro inferior (y más concretamente en los músculos isquiotibiales) así como la práctica o no de estiramientos musculares. Por otra parte, se preguntó a los atletas por las actividades que más dificultad les suponen durante un episodio de dolor lumbar o en el miembro inferior. A esta información se añadieron sus datos sociodemográficos (edad, género, años como practicante de atletismo, horas semanales de entrenamiento, especialidad, etc.).

La totalidad de los participantes firmaron un consentimiento informado por escrito al inicio del estudio, al cual acompañaba una hoja de información, en la que se explicaba en qué consistía el estudio, así como la posibilidad de su abandono, sin necesidad de justificación, en cualquier momento de la investigación. Los atletas menores de edad aportaron un consentimiento firmado por sus padres o tutores.

Como criterios de inclusión se establecieron: 1. Práctica de atletismo de forma semiprofesional; 2. Participación voluntaria en el estudio; y 3. Posibilidad de asistencia a las sesiones de tratamiento, en caso de pertenecer a los grupos de intervención.

Los criterios de exclusión fueron: 1. No practicar una prueba que incluya carrera (por ejemplo, un lanzamiento); 2. Presentar alguna lesión que suponga una contraindicación para la técnica; y 3. No presentar continuidad en el tratamiento.

Las mediciones se realizaron con los siguientes instrumentos: goniómetro universal, cinta métrica, camilla y banqueta.

### **Test de valoración de la flexibilidad isquiotibial**

Las pruebas de valoración de la flexibilidad de la musculatura isquiotibial se basan en movimientos de elongación del músculo. Destacan las basadas en medidas longitudinales (dedos-suelo) y las de recorrido articular (elevación de la pierna recta y ángulo poplíteo). Se optó por dichas pruebas para el estudio por ser las más empleadas en la literatura científica, así como por su fácil comprensión y elaboración<sup>(2, 18, 19)</sup>. Las pruebas se realizaron en la pierna dominante del paciente. En cada una se anotaron 3 mediciones, seleccionando finalmente

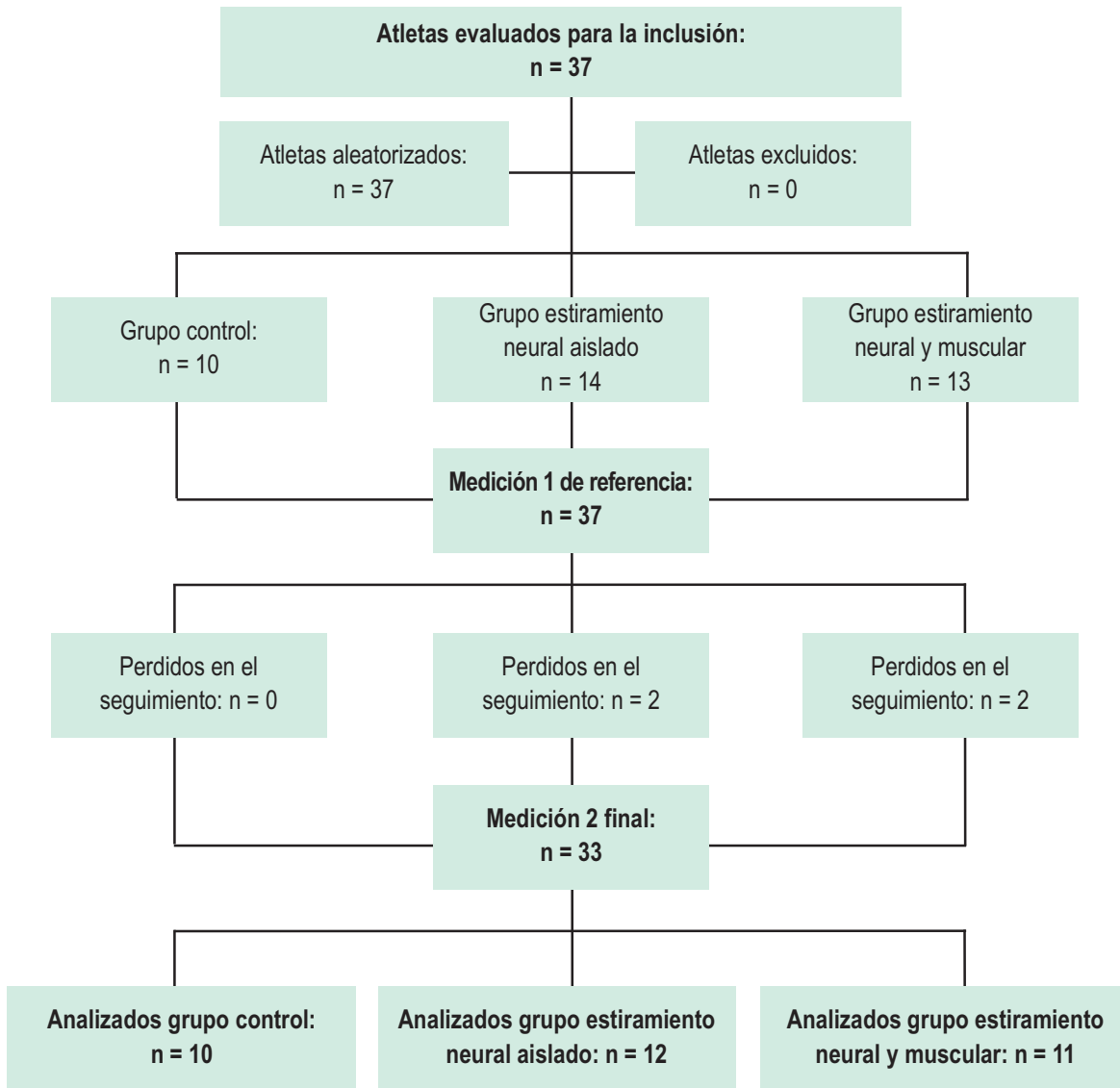


FIGURA 1. Flujo del proceso de selección.

la mejor. El descanso entre test fue de 1 a 2 minutos. No se realizó un calentamiento previo a la valoración.

### 1. Distancia dedos-suelo (DS)

El atleta se coloca descalzo, en bipedestación con los pies separados a la altura de las caderas. Se solicita que de forma activa intente llegar a tocar sus dedos de los pies, sin flexionar las rodillas y estirando sus dedos de las manos al máximo (figura 2).

El examinador coloca la cinta métrica de tal forma que se mida la distancia en centímetros entre el extremo del dedo corazón del lado dominante y el suelo.

### 2. Ángulo poplíteo activo (APA)

El atleta se coloca en decúbito supino, con la pierna a valorar en flexión de 90° de cadera y rodilla, y la contralateral extendida. Las manos se colocan debajo de los glúteos con los brazos extendidos. El examinador coloca

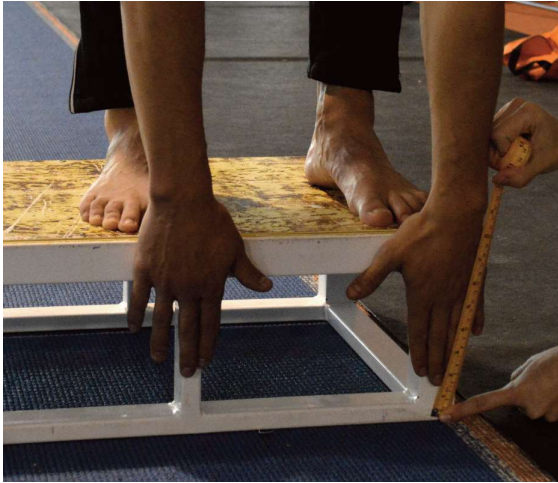


FIGURA 2. Prueba dedos – suelo.

Fuente: elaboración propia.

el goniómetro en la línea articular de la rodilla, con las siguientes referencias: centro del goniómetro en el cóndilo lateral externo del fémur, rama fija en la prolongación de la línea entre el cóndilo lateral externo y el trocánter mayor del fémur, y rama móvil en la prolongación de la línea entre el cóndilo lateral externo y el maléolo externo del peroné (figura 3). Se solicita al atleta que, de forma activa, extienda la rodilla todo lo posible sin modificar la posición de la cadera y con el tobillo relajado. El examinador mueve la rama móvil del goniómetro hasta el ángulo máximo de extensión posible, medido en grados.



FIGURA 3. Posición inicial de la prueba APA.

Fuente: elaboración propia.

### 3. Elevación de la pierna recta pasiva (SLR)

Esta prueba valora el ángulo de flexión de cadera con la rodilla extendida. El atleta se coloca en decúbito supino, con ambas piernas estiradas en posición de reposo y las manos por detrás, debajo de los glúteos. El examinador se coloca homolateral a la pierna a valorar, y realiza dos tomas: una a nivel del tercio distal de la tibia, que hará una presión hacia posterior, y otra a nivel del tendón de Aquiles, en posición de *bandeja*. El pie permanece en posición relajada. Otro examinador controla la posición de la cadera contralateral, manteniéndola fija. Se eleva la pierna con la rodilla extendida hasta que el paciente indica que la tensión es la máxima soportable. Un segundo examinador realiza la medición con el goniómetro, tomando como referencia la línea entre el trocánter mayor, el cóndilo lateral externo del fémur y el maléolo peroneal.

#### Intervención

Se elaboró un programa de tratamiento, cuya duración fue de 4 semanas; 8 sesiones en total divididas en 2 sesiones semanales. De manera aleatoria, se dividió a los atletas en 3 grupos:

- 1. Grupo de neurodinamia: se aplicaba la técnica de neurodinamia en SLR de forma aislada.
- 2. Grupo combinado: se aplicaba la técnica neurodinámica en SLR sumada a los estiramientos musculares supervisados.
- 3. Grupo control: no se realizó ningún tipo de intervención.

En la primera sesión de todos los componentes de la muestra, se llevó a cabo su valoración con los test anteriormente descritos; las mediciones también tuvieron lugar en la última sesión con lo que en ambas, primera y última, se procedió con el mismo protocolo: medición preintervención y postintervención; entre ambas sesiones se llevó a cabo el tratamiento, también realizado de manera protocolizada: en primer lugar el deslizamiento neurodinámico, y posteriormente, los estiramientos, en caso del grupo combinado.

### Deslizamiento neurodinámico en SLR

El procedimiento para realizar el deslizamiento en SLR en el grupo de neurodinamia fue: el atleta se coloca en decúbito supino, con el tronco relajado, ambas piernas extendidas y los brazos apoyados por detrás de los glúteos. El terapeuta se sitúa homolateral a la pierna de tratamiento, y realiza dos tomas: una a nivel del tercio medio de la tibia, ejerciendo una ligera presión hacia posterior que aporta una tensión extra al nervio ciático; otra, a nivel de la planta del pie, realizando una sensibilización en flexión dorsal (figura 4)<sup>(20)</sup>. Cada secuencia de 2 movimientos constituye una repetición. El tratamiento completo consta de 2 series de 10 repeticiones, con un tiempo de reposo de un minuto entre ambas series.

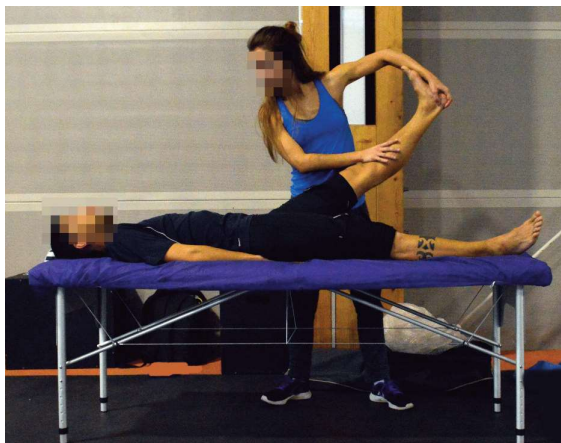


FIGURA 4. Realización de la movilización SLR con sensibilización en flexión dorsal.

### Estiramientos musculares

En el grupo combinado el tratamiento constaba de 2 partes; 2 series de los deslizamientos neurodinámicos explicados en el apartado anterior, además de 2 tipos de estiramientos musculares para los isquiotibiales, estáticos - pasivos (figura 5). Su duración fue de 30 segundos cada uno, ya que este es el tiempo establecido como suficiente por la literatura científica<sup>(1, 4)</sup> recibiendo un total de 60 segundos de estiramiento en cada sesión. Entre ambos, el atleta descansa un minuto. Los estiramientos eran supervisados por el investigador. Se optó por este tipo de estiramientos por su facilidad de ejecución, por

ser una técnica habitual en la práctica de atletismo, por sus mínimos riesgos y por no haber otras técnicas que presenten una clara superioridad<sup>(21)</sup>.

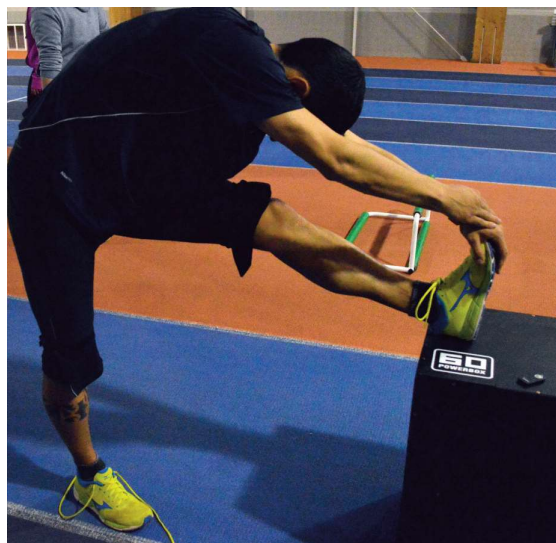


FIGURA 5. Estiramientos musculares. 1. Flexión máxima de cadera; 2. Posición de salida de corredor.

### Análisis de datos

La recogida de datos se realizó rellenando de forma manual una tabla de diseño propio, para después tras-

ladar las mediciones al software IBM SPSS Statistics versión 25.0, donde se procedió al análisis estadístico. Para las variables cuantitativas, se realizaron la prueba de normalidad de Kolmogorov-Smirnov, por manejar un tamaño muestral mayor de 30, y la prueba de homogeneidad de varianzas mediante la prueba ANOVA, considerándose en ambos significancia estadística para valores de  $p < 0,05$ . Una vez comprobadas estas características, se procedió a realizar la prueba T-student para muestras relacionadas, considerándose el mismo valor de  $p$ . Para el análisis de las variables cualitativas se realizaron tablas de contingencia, así como una prueba LOGIT (regresión logística binaria) con el fin de establecer relaciones entre todas las variables estudiadas. Por otra parte, se realizaron análisis descriptivos mediante tablas de frecuencias y porcentajes de las variables cualitativas.

## RESULTADOS

### Análisis descriptivo de la muestra

Los participantes fueron atletas en su mayoría varones (25 hombres y 12 mujeres) entre 15 y 19 años (edad media  $24,32 \text{ años} \pm 9,55$ ), y velocistas. Se analizó tras la entrevista inicial que lo más frecuente es realizar estiramientos musculares después del entrenamiento (51,35 % del total).

### Registro de lesiones

La entrevista mostró que hasta un 40,54 % de los deportistas han presentado alguna vez una lesión en los músculos isquiotibiales, siendo más frecuente entre los

hombres, de 15 a 19 años, dedicados a la especialidad de velocidad o mediofondo, y con una media de horas semanales de entrenamiento de 5 a 10. De los datos obtenidos de las preguntas referentes a las actividades que más dificultad suponen a los atletas durante un episodio de dolor lumbar o en el miembro inferior, observamos que las actividades que más esfuerzo requieren son:

- Saltar: un 19,9 % refiere una dificultad moderada para realizar saltos.
- Mantenerse en la misma posición: un 37,8 % refiere necesitar cambiar de posición con frecuencia a causa de su dolor.

### Análisis comparativo de las variables categóricas

Tras realizar un modelo de regresión lineal que relacione las variables descriptivas explicadas anteriormente, encontramos una relación estadísticamente significativa entre no haber padecido lesión en la musculatura isquiotibial (variable dependiente), y la práctica habitual de estiramientos ( $p = 0,022$ ).

### Análisis comparativo de los cambios en las pruebas de flexibilidad isquiotibial

#### Resultados de la prueba ángulo poplíteo activo

Basándonos en las medidas de la prueba del ángulo poplíteo activo<sup>(18, 22)</sup>, un 90,9 % de los atletas presentaba acortamiento de la musculatura isquiotibial (tabla 1) antes

TABLA 1. Pacientes con acortamiento isquiotibial según los valores de referencia.

Prueba	Normalidad	Atletas con acortamiento antes de la intervención (sesión 1), porcentaje	Atletas con acortamiento después de la intervención (sesión 8), porcentaje
APA (°)	0 – 20° (21,25)	90,90	69,90
SLR (°)	80° (21,25)	36,36	24,24
Dedos-suelo (cm)	≥ - 5 cm (25)	30,30	21,21



FIGURA 6. Porcentaje de mejoría en las diferentes pruebas.

del tratamiento. Tras su aplicación (sesión 8), este porcentaje se redujo a un 69,9 %. Un 78,79 % de los pacientes mejoraron, 26 pacientes de los 33 totales (figura 6). Este grupo estaba formado principalmente por hombres (19), y por atletas pertenecientes al grupo combinado (12). Se han encontrado cambios significativos tanto a corto plazo (en la misma sesión) en el grupo combinado (no siendo así en los grupos de neurodinamia y control), como a largo plazo (después del tratamiento) en ambos grupos de intervención. Los resultados de cada medición se especifican en la tabla 2.

**Resultados de la prueba elevación de la pierna recta**

Un 36,36 % de los atletas presentaba acortamiento de la musculatura isquiotibial antes del tratamiento, siguiendo los criterios de dicha prueba<sup>(18, 22)</sup>. Al finalizar la intervención, esta cantidad se redujo a un 24,24 % (tabla 1). Se consiguió un aumento del ROM en 24 atletas (72,73 %),

**TABLA 2. Resultados de las pruebas de valoración de flexibilidad.**

Grupo deslizamiento neurodinámico		
Prueba	Medición	Significación (p)
APA	Pre día 1-post día	0,028
	Pre día 8-post día 8	<b>0,02</b>
	Pre día 1-Post día 8	<b>0,01</b>
SLR	Pre día 1-post día	0,060
	Pre día 8-post día 8	0,806
	Pre día 1-Post día 8	0,438
DS	Pre día 1-post día	0,061
	Pre día 8-post día 8	0,436
	Pre día 1-Post día 8	<b>0,024</b>
Grupo deslizamiento neurodinámico y estiramiento muscular		
Prueba	Medición	Significación (p)
APA	Pre día 1-post día	<b>0,05</b>
	Pre día 8-post día 8	0,451
	Pre día 1-Post día 8	<b>0,01</b>
SLR	Pre día 1-post día	0,235
	Pre día 8-post día 8	0,391
	Pre día 1-Post día 8	<b>0,04</b>
DS	Pre día 1-post día	0,111
	Pre día 8-post día 8	0,067
	Pre día 1-Post día 8	0,07
Grupo control		
Prueba	Medición	Significación (p)
APA	Día 1- Día 8	0,871
SLR	Día 1- Día 8	0,01
DS	Día 1- Día 8	0,935



de los cuales 16 eran hombres perteneciendo 9 de los 24 al grupo combinado de intervención. Se observaron diferencias significativas a largo plazo para el grupo combinado, no siendo así para el grupo de neurodinamia ni para el grupo control.

### Resultados de la prueba dedos-suelo

Para la prueba dedos-suelo, 27 (81,82 %) atletas mejoraron (figura 6). Es llamativo destacar que un 44,4 % de estos 27 pertenecen al grupo combinado (12), un 40 % al grupo neurodinamia de intervención (11), siendo solo 4 (14,8 %) los que mejoraron en el grupo control. De estos 27 atletas 20 eran hombres (74,07 %).

En este caso, se observó un cambio significativo a largo plazo para ambos grupos de intervención. Aun no presentando cambios significativos en algunas de las pruebas descritas, la media de las mediciones es notablemente mejor en todas las pruebas y en ambos grupos de intervención, como se muestra en la tabla 3. Siguiendo el cri-

terio de acortamiento de Quintana Aparicio y cols.<sup>(22)</sup>, un 30,30 % de los pacientes presentaban los músculos isquiotibiales acortados antes del tratamiento, frente al 21,21 % que lo presentaba tras el tratamiento (tabla 1).

### DISCUSIÓN

El objetivo del presente estudio fue analizar la efectividad de una técnica de deslizamiento del nervio ciático en practicantes de atletismo, y valorar si existe una mejora en su flexibilidad, comparando además su aplicación de forma aislada con la de la combinación con estiramientos musculares. Nuestra hipótesis sostenía que, al mejorar las capacidades de deslizamiento y de soporte de tensión del nervio ciático, la flexibilidad de los músculos isquiotibiales se vería incrementada y, por tanto, se reduciría el riesgo de lesión al que se ve sometido un atleta con la musculatura isquiotibial acortada. Se ha demostrado que la práctica de estiramientos es hoy en día fundamental en la rutina de los atletas, aunque no haya

TABLA 3. Mejoría en los valores medios de cada prueba.

	Medición	Media	Mejoría
<b>Grupo deslizamiento neurodinámico</b>	APA preintervención 1	39,37°	15,01°
	APA postintervención 8	24,36°	
	SLR preintervención 1	89,90°	2,37°
	SLR post-ntervención 8	92,27°	
	DS preintervención 1	-1,72 cm	11,62 cm
	DS postintervención 8	9,90 cm	
<b>Grupo deslizamiento neurodinámico y estiramiento muscular</b>	APA preintervención 1	40,25°	10°
	APA postintervención 8	30,25°	
	SLR preintervención 1	72,00°	12,41°
	SLR postintervención 8	84,41°	
	DS preintervención 1	-4,81 cm	30,18 cm
	DS postintervención 8	25,37 cm	
<b>Grupo control</b>	APA preintervención 1	36,40°	0,6°
	APA postintervención 8	35,80°	
	SLR preintervención 1	81,80°	5,8°
	SLR postintervención 8	87,60°	
	DS preintervención 1	12,70 cm	0,25 cm
	DS postintervención 8	12,95 cm	

consenso sobre en qué momento del entrenamiento. La literatura científica muestra que los estiramientos son efectivos para la mejora de la flexibilidad<sup>(1, 23, 24)</sup>, cuya carencia supone un factor de riesgo para la aparición de lesiones. Esto coincide con los resultados obtenidos en este estudio, en el que hemos observado una relación directa entre la práctica de estiramientos y la no aparición de lesiones, por tanto, los estiramientos siguen siendo una técnica a tener en cuenta en la prevención y tratamiento de lesiones deportivas. Sin embargo, como muestran los resultados, a pesar de adoptar los estiramientos como un hábito, las lesiones en el miembro inferior siguen siendo prevalentes y, además, suponen para los atletas una alteración en su vida normal y sus entrenamientos, lo que lleva a pensar que el tratamiento exclusivo de la musculatura es insuficiente.

La falta de flexibilidad o, dicho de otra forma, el acortamiento funcional de los músculos isquiotibiales<sup>(23)</sup>, podría tener su origen en una reacción protectora que consiste en un aumento de la actividad muscular, iniciada al captar una mecanosensibilidad anormal del nervio<sup>(25)</sup>. Esto sugiere que es difícil saber con total seguridad cuál es la causa primera de la patología, bien el sistema muscular, o bien el sistema nervioso. Por tanto, podríamos deducir que la forma más completa de abordarlo sería mediante el tratamiento de los 2 sistemas. Esto es lo que se ha llevado a cabo en el presente estudio, y lo que se ha tratado en numerosos análisis similares recientes<sup>(4, 6, 8, 25)</sup>, cuyos resultados muestran que los grupos en los que se aplica la neurodinamia combinada con los estiramientos musculares son los más beneficiados.

En el metaanálisis realizado por López y cols.<sup>(26)</sup> se concluyó que la neurodinamia es una opción de tratamiento efectiva cuando se busca mejorar la flexibilidad isquiotibial, siendo igual o más efectiva que los estiramientos musculares. No obstante, la bibliografía aún es escasa y heterogénea, por tanto es necesario tomar estos resultados con prudencia.

La aplicación de técnicas de neurodinamia para los atletas con los músculos isquiotibiales acortados ha proporcionado resultados positivos, consiguiendo en los 2 grupos de intervención una importante mejoría. Llama la atención que los cambios significativos de ambos grupos aparecen tanto de forma inmediata (diferencias en una sesión) como al finalizar la intervención (diferencias entre la sesión 1 y

la 8). Por tanto, la movilización aislada en SLR es igual de efectiva que la movilización sumada a los estiramientos convencionales, aunque la combinación de ambas puede aportar una mejoría en la flexibilidad del músculo.

Aunque los resultados del estudio coinciden con los de la bibliografía, es interesante destacar que la mayoría de los ensayos utilizan otras técnicas neurodinámicas, como el Slump test. Esto puede ser relevante en los resultados ya que el Slump test tiene mayor efecto en el neuroeje (zona lumbar inferior)<sup>(27)</sup> y se realiza de manera bilateral, mientras que el SLR se realiza de forma unilateral y tiene un efecto más localizado en el nervio ciático, aunque sin dejar de actuar sobre el resto del sistema nervioso.

Además, pocos estudios de los mencionados utilizan más de una prueba de medición o valoración de la flexibilidad, siendo la prueba de SLR la más utilizada<sup>(5, 6, 24, 25)</sup>. Es llamativo que, dependiendo de la prueba que tomemos como referencia, el porcentaje de pacientes con acortamiento de la musculatura isquiotibial varía, siendo el criterio de la prueba APA el más restrictivo y, por tanto, el que más pacientes con acortamiento nos muestra. Sin embargo, como se muestra en la tabla 3, la media de los grados obtenidos en las mediciones postintervención del último día son notablemente mejores que las del primer día, al igual que las medias de la prueba APA.

Entre las limitaciones de este estudio se halla la distribución por sexos, la cual no fue homogénea, siendo la participación masculina notablemente superior a la femenina, por tanto, es lógico que la mayor parte de los atletas que mejoraron fueron hombres. Sin embargo, no es posible saber si las técnicas han tenido más efectos en uno de los dos sexos, lo que podría ser una futura línea de investigación, así como utilizar varias pruebas de valoración y comparar los resultados entre ellas, como se ha realizado en este estudio, así como realizar ensayos con una población de atletas más numerosa.

## CONCLUSIONES

Como conclusiones de los resultados obtenidos en el presente estudio, destacamos que:

- La técnica de deslizamiento neurodinámico en SLR es efectiva para reducir el grado de acortamiento de los

músculos isquiotibiales, por lo que los atletas pueden incluir la técnica en su rutina de entrenamiento para prevenir acortamiento a largo plazo con la misma efectividad que los estiramientos musculares.

- La técnica en SLR junto con los estiramientos musculares convencionales tienen beneficios también a corto plazo, y es una combinación efectiva si se pretende mejorar la flexibilidad de la musculatura isquiotibial.
- Son necesarios más estudios que demuestren que las técnicas neurodinámicas son aplicables en el ámbito del deporte.

## RESPONSABILIDADES ETICAS

**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 complementada con la Declaración de Taipei, 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 sus respectivos centros para evaluar a los sujetos incluidos en el estudio, con finalidad de investigación y divulgación científica y garantizan que se ha cumplido la exigencia de haber informado a todos ellos, que han obtenido su consentimiento informado por escrito para participar en el mismo y que están en posesión de dichos documentos.

**Confidencialidad de los datos y derecho a la privacidad.** Los autores declaran que los datos obtenidos cumplen la normativa de protección de datos de carácter personal y que se ha cumplido con la garantía de mantener la privacidad de los datos de los participantes en esta investigación y manifiestan que el trabajo publicado no incumple la normativa de protección de datos de carácter personal, protegiendo la identidad de los sujetos en la redacción del texto. No se utilizan nombres, ni iniciales, ni números de historia clínica del hospital (o cualquier otro tipo de dato para la investigación que pudiera identificar al paciente).

**Conflicto de intereses.** Los autores declaran no tener conflictos de interés.

**Financiación.** La investigación ha sido financiada para su desarrollo con una ayuda de la Cátedra Conocimiento e Innovación de la Caja Rural de Soria.

**Contribución de autoría.** Todos los autores de este estudio cumplen con los criterios de autoría habiendo contribuido intelectualmente al desarrollo, redacción, supervisión y a su revisión crítica y han tenido acceso completo a su contenido y han aprobado la versión final publicada. Los autores asumen la plena responsabilidad pública del contenido del presente artículo.

## AGRADECIMIENTOS

A todos los atletas participantes en el proyecto y sus respectivos clubes, por cedernos parte de su tiempo y sus instalaciones. A Erica, responsable de que el proyecto saliera adelante. A Daniel, por ser nuestra mano derecha en los análisis estadísticos. A Javier y Víctor, por cedernos su imagen, su cámara y sus ganas. A Paula, por su ayuda y su tiempo con la traducción. A nuestras familias y a nuestros amigos, cuyo apoyo y ayuda siempre ha sido fundamental.

## REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. Madeiros DM, Cini A, Sbruzzi G, Lima CS. Influence of static stretching on hamstring flexibility in healthy young adults: Systematic review and meta-analysis. *Physiother Theory Pract.* 2016; 32(6): 438–45.
2. da Silva Dias R, Gómez Conesa A. Síndrome de los isquiotibiales acortados. *Fisioterapia.* 2008; 30(4): 186–93.
3. de Hoyo M, Naranjo-Orellana J, Carrasco L, Sañudo B, Jiménez-Barroca JJ, Domínguez-Cobo S. Revisión sobre la lesión de la musculatura isquiotibial en el deporte: factores de riesgo y estrategias para su prevención. *Rev Andal Med Deport.* 2013; 6(1): 28–35.
4. Sharma S, Balthillaya G, Rao R, Mani R. Short term effectiveness of neural sliders and neural tensioners as adjunct to static stretching of hamstrings on knee exten-

- sion angle in healthy individuals: A randomized controlled trial. *Phys Ther Sport*. 2016 Jan; 17: 30–7.
5. Méndez-Sánchez R, Albuquerque-Sendín F, Fernández-de-las-Peñas C, Barbero-Iglesias FJ, Sánchez-Sánchez C, Calvo-Arenillas JI, et al. Immediate Effects of Adding a Sciatic Nerve Slider Technique on Lumbar and Lower Quadrant Mobility in Soccer Players: A pilot study. 2010; 16(6): 669–75.
  6. Hanney RN, Ridehalgh C, Dawson A, Lewis D, Kenny D. The effects of neurodynamic straight leg raise treatment duration on range of hip flexion and protective muscle activity at P1. *J Man Manip Ther*. 2016; 24(1): 14–20.
  7. Bonser RJ, Hancock CL, Hansberger BL, Loutsch RA, Eric K, Zeigel AK, et al. Changes in Hamstring Range of Motion After Neurodynamic Sciatic Sliders: A Critically Appraised Topic. *J Sport Rehabil*. 2017; 26(4): 311–5.
  8. Curtis B, Retchford T, Khalaf K, Jelinek HF. Acute Effects of Neural Mobilization and Static Hamstring Stretching on Multi-joint Flexibility in a Group of Young Adults. *J Nov Physiother*. 2016; 6(1): 1–6.
  9. Pattanasin A, Ketsarakon O, Pathumb S. A Randomised, Placebo-Controlled Trial of Neurodynamic Sliders on Hamstring Responses in Footballers with Hamstring Tightness. *Malays J Med Sci*. 2016; 23(6): 60–9.
  10. Castellote-Caballero Y, Valenza MC, Martín-Martín L, Cabrera-Martos I, Puenteadura EJ, Fernández-de-las-Peñas C. Effects of a neurodynamic sliding technique on hamstring flexibility in healthy male soccer players. A pilot study. *Phys Ther Sport*. 2013; 14(3): 156–62.
  11. Daly C, McCarthy-Persson U, Twycross-Lewis R, Woledge RC, Morrissey D. The biomechanics of running in athletes with previous hamstring injury: A case-control study. *Scand J Med Sci Sports*. 2016; 26(4): 413–20.
  12. Timpka T, Alonso JM, Jacobsson J, Junge A, Branco P, Clarsen B, et al. Injury and illness definitions and data collection procedures for use in epidemiological studies in Athletics (track and field): Consensus statement. *Br J Sports Med*. 2014; 48(7): 483–90.
  13. Ahmad CS, Redler LH, Ciccotti MG, Maffulli N, Longo UG, Bradley J. Evaluation and Management of Hamstring Injuries. *Am J Sports Med*. 2013; 41(12): 2933–47.
  14. Kim BY, Vigil DV. A Review of Injury Patterns in Athletes Competing in Combined Competitions: Heptathlon and Decathlon. *Curr Sports Med Rep*. 2016; 15(6): 433–6.
  15. Tokutake G, Kuramochi R, Murata Y, Enoki S, Koto Y, Shimizu T. The risk factors of Hamstring Strain Injury induced by High-Speed Running. *J Sport Sci Med*. 2018; 17(4): 650–5.
  16. Edouard P, Depiesse F, Branco P, Alonso JM. Analyses of Helsinki 2012 European Athletics Championships Injury and Illness Surveillance to Discuss Elite Athletes Risk Factors. *Clin J Sports Med*. 2014; 24(5): 409–15.
  17. Edouard P, Depiesse F, Hertert P, Branco P, Alonso J. Injuries and illnesses during the 2011 Paris European Athletics Indoor Championships. *Scand J Med Sci Sports*. 2013; 23(4): e213–8.
  18. Ayala F, Sainz de Baranda P, Cejudo A, Santoja F. Angular tests for estimating hamstring flexibility: description of their measurement method and reference values. *Rev Andal Med Deport*. 2013; 6(3): 120–8.
  19. Ayala F, Sainz de Baranda P. Reproducibilidad inter-sesión de las pruebas distancia dedos planta y distancia dedos suelo para estimar la flexibilidad isquiosural en jugadores adultos de fútbol sala de primera división. *Rev Andal Med Deport*. 2011; 4(2): 47–51.
  20. Shacklock M. *Neurodinamia Clínica. Un nuevo sistema de tratamiento musculoesquelético*. Madrid: Elsevier; 2007.
  21. Ayala F, Sainz de Baranda P, Cejudo A. El entrenamiento de la flexibilidad: técnicas de estiramiento. *Rev Andal Med Deport*. 2012; 5(3): 105–12.
  22. Quintana Aparicio E, Albuquerque Sendín F. Evidencia científica de los métodos de evaluación de la elasticidad de la musculatura isquiosural. *Osteopat Cient*. 2008; 3(3): 115–24.
  23. Albrecht K, Meyer S. *Estiramientos y Movilidad*. Barcelona: Editorial Paidotribo; 2016.
  24. Ayala F, Sainz de Baranda P, De Ste Croix M, Santonja F. Comparison of active stretching technique in males with normal and limited hamstring flexibility. *Phys Ther Sport*. 2013; 14(2): 98–104.
  25. Castellote-Caballero Y, Valenza MC, Puenteadura EJ, Fernández-de-las-Peñas C, Albuquerque-Sendín F. Immediate Effects of Neurodynamic Sliding versus Muscle Stretching on Hamstring Flexibility in Subjects with Short Hamstring Syndrome. *J Sports Med*. 2014; 2014: 127471.
  26. López-López L, Rodríguez-Torres J, Ortiz-Rubio A, Torres-Sánchez I, Cabrera-Martos C, Valenza MC. Effects of neurodynamic treatment on hamstrings flexibility: A systematic review and meta-analysis. *Phys Ther Sport*. 2019 Nov; 40: 244–50.
  27. Butler DS. *Mobilización del Sistema nervioso*. 2ª ed. Barcelona: Editorial Paidotribo; 2009.