



**Universidad de Valladolid**



**Facultad  
de Fisioterapia  
de Soria**

**FACULTAD DE FISIOTERAPIA DE SORIA**

**Grado en Fisioterapia**

**TRABAJO FIN DE GRADO**

**Estudio analítico experimental del efecto  
del estiramiento de estructuras neurales vs  
estiramiento muscular en atletas semi-  
profesionales**

**Autor: Sara Grigelmo Hernández**

**Tutor/a: Erica Riesgo Álvarez**

**Cotutor/a: Marta Beato Díaz**

Soria, 12 de Junio de 2019

# ÍNDICE

1.	INTRODUCCIÓN .....	1
1.1.	Anatomía y fisiología del músculo esquelético.....	2
1.2.	Anatomía y biomecánica de los isquiotibiales .....	3
1.3.	Flexibilidad .....	6
1.4.	Neurodinamia y sistema nervioso.....	7
1.5.	El nervio ciático.....	8
1.6.	Atletismo: biomecánica de la carrera .....	9
1.7.	Dolor lumbar y flexibilidad isquiotibial en atletas.....	10
2.	HIPÓTESIS.....	10
3.	JUSTIFICACIÓN Y OBJETIVOS .....	11
4.	MATERIAL Y MÉTODOS .....	12
4.1.	Tipo de diseño .....	12
4.2.	Participantes.....	12
4.3.	Descripción del procedimiento .....	12
4.3.1.	Consideraciones previas .....	12
4.3.2.	Instrumentos .....	13
4.3.3.	Test de valoración de la flexibilidad isquiotibial.....	14
4.3.4.	Intervención .....	16
4.3.5.	Análisis de datos .....	19
5.	RESULTADOS .....	20
5.1.	Análisis descriptivo de la muestra.....	20
5.2.	Registro de lesiones en la zona lumbar y/o miembro inferior.....	23
5.3.	Análisis comparativo de las variables categóricas .....	24
5.4.	Análisis comparativo de los cambios en las pruebas de flexibilidad isquiotibial.....	24
5.4.1.	Resultados de la prueba ángulo poplíteo activo.....	24
5.4.2.	Resultados de la prueba elevación de la pierna recta .....	25
5.4.3.	Resultados de la prueba dedos-suelo.....	26
6.	DISCUSIÓN.....	29
7.	CONCLUSIONES .....	31
8.	BIBLIOGRAFÍA.....	32
9.	ANEXOS .....	35
	ANEXO 1: Cuestionario .....	35
	ANEXO 2: Consentimiento informado y hoja de información al paciente.....	39

## **GLOSARIO DE ABREVIATURAS**

**APA:** Ángulo poplíteo activo

**DS:** Dedos-suelo

**IAAF:** International Association of Athletics Federation

**MI:** Miembro inferior

**SLR:** Straight Leg Test (Elevación de la pierna recta)

**TSK:** Tampa Scale for Kinesiophobia

## RESUMEN

**INTRODUCCIÓN:** Las lesiones de la musculatura isquiotibial constituyen un alto porcentaje de las lesiones en el ámbito deportivo en general y en el atletismo en particular, siendo la falta de flexibilidad uno de los factores de riesgo para su aparición, además de repercutir en regiones adyacentes como la zona lumbar. Entre las técnicas de prevención más utilizadas están los estiramientos convencionales, que presentan una gran eficacia. Sin embargo, el sistema nervioso, también se ve implicado en estas lesiones, especialmente el nervio ciático. Las técnicas de neurodinamia actúan sobre el sistema nervioso mejorando su capacidad de tolerancia a la tensión y, por tanto, el estado de la musculatura adyacente, ya que ambos actúan en conjunto; si bien su aplicabilidad en el atletismo presenta poca evidencia científica.

**OBJETIVOS:** El objetivo principal del presente estudio es analizar si efectivamente la aplicación de dichas técnicas aporta cambios significativos en la flexibilidad isquiotibial con el fin de prevenir las lesiones a este nivel y mejorar el rendimiento de los atletas.

**MATERIAL Y MÉTODOS:** Se realizó un ensayo clínico aleatorizado con 37 atletas federados. Se dividió a los atletas en tres grupos: un grupo 1 de intervención al que se aplicó una técnica de deslizamiento neural de forma aislada (n=11), un grupo 2 al que se aplicó el deslizamiento neural y estiramientos musculares de isquiotibiales (n=12) y un grupo control (n=10). La valoración se llevó a cabo mediante tres pruebas realizadas pre - intervención y post-intervención tanto la primera sesión como la última. El tratamiento constó de 8 sesiones.

**RESULTADOS:** Un importante porcentaje de atletas presentó acortamiento isquiotibial así como lesiones a este nivel y a nivel lumbar. Tras el tratamiento, hubo cambios significativos para ambos grupos de intervención, y manifestaron ambos grupos de intervención cambios a corto y a largo plazo.

**DISCUSIÓN Y CONCLUSIONES:** Las técnicas de neurodinamia combinadas con estiramientos musculares son efectivas para mejorar la flexibilidad isquiotibial a largo plazo. Además, los deslizamientos neurodinámicos de forma aislada son también eficaces a corto plazo como prevención.

## 1. 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 (1,2) les hace vulnerables a sufrir lesiones -agudas en la mayor parte de los casos- (3). Existen múltiples factores de riesgo que aumentan la probabilidad de lesión, habiendo discordancia en la evidencia científica sobre cuál predomina, aunque las alteraciones lumbo-pélvicas, la previa lesión isquiotibial, o el desequilibrio de fuerza entre flexores y extensores de rodilla están considerados de entre los factores de riesgo de los más importantes (3).

También la falta de flexibilidad constituye hoy en día un factor ampliamente cuestionado, aun habiendo evidencia suficiente que demuestra que los estiramientos musculares mejoran la flexibilidad y previenen las lesiones a este nivel (1,4), pues una disminución de la elasticidad condiciona un peor rendimiento de la musculatura a todos los niveles (propiocepción, fuerza, etc.), además de provocar un cambio biomecánico en la región lumbo-pélvica (2,5).

Otro factor a considerar, que se trata ampliamente en este estudio, es la implicación del sistema nervioso en la función musculo-esquelética (neurodinamia) concretamente del nervio ciático. Así pues, en la musculatura isquiotibial una mecanosensibilidad anormal de dicho nervio puede limitar la flexibilidad y el correcto funcionamiento y, por tanto, ser un factor potencial de lesiones (5). Entre otros tratamientos, el deslizamiento de estructuras neurales es una técnica utilizada para revertir esta situación (4-8). Sin embargo, no existe demasiada evidencia sobre su efectividad comparada con los estiramientos musculares, ni tampoco sobre su aplicación en el deporte.

Concretamente, en el ámbito deportivo, la aplicación del deslizamiento neural ha sido estudiada en deportes como el fútbol; sin embargo, encontramos escasa evidencia en su aplicación en el atletismo, en el que el acortamiento isquiotibial es una patología común y muy determinante -especialmente en pruebas de velocidad 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 (9).

El atletismo es un deporte con una amplia participación mundial, regido por la IAAF (International Association of Athletics Federation). Este incluye diferentes disciplinas (velocidad, media distancia, larga distancia, saltos, lanzamientos, eventos combinados...). Tanto la competición como el entrenamiento ponen al atleta bajo importantes riesgos de sufrir lesiones (10). Algunos autores sitúan las lesiones musculares, concretamente de la

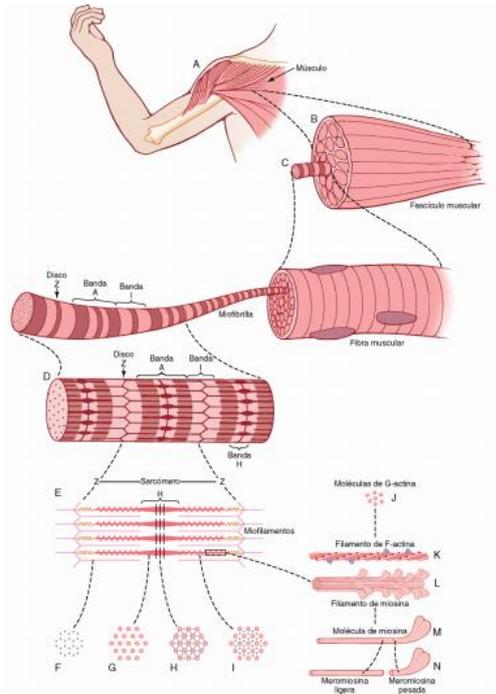
región del muslo (isquiotibiales y cuádriceps), como las más prevalentes; estas suponen hasta un 50% del total de las lesiones en velocistas y saltadores de vallas (10,11,12,13). Varios estudios realizados tras importantes competiciones como el campeonato europeo de atletismo en París 2011 y Helsinki de 2012, revelaron que la lesión más diagnosticada fue la distensión a nivel isquiotibial (14,15).

Por todo lo expuesto, proponemos un análisis de las diferencias entre el tratamiento del acortamiento isquiotibial mediante deslizamientos neurodinámicos y estiramientos musculares para mejorar la flexibilidad y prevenir al atleta de posibles lesiones.

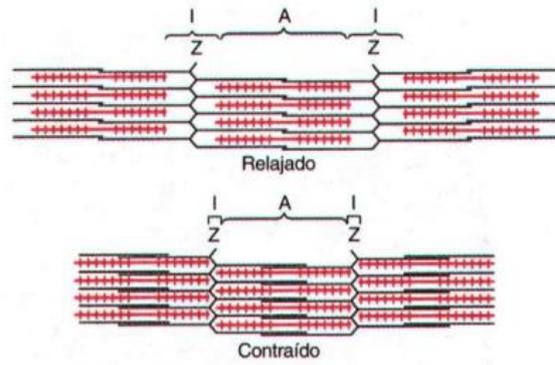
### **1.1. Anatomía y fisiología del músculo esquelético**

Aproximadamente un 40% del organismo es músculo esquelético, donde se incluyen los isquiotibiales (16). El músculo esquelético está formado por diferentes subunidades, cada vez más pequeñas, representadas en la Figura 1:

- Fascículos musculares.
- Fibras musculares: extendidas por toda la longitud del músculo y con un diámetro variable, cubiertas por una membrana llamada sarcolema.
- Sarcolema: membrana celular compuesta mayormente de colágeno. En los extremos se une a tejido tendinoso, para formar los tendones de las inserciones musculares.
- Miofibrillas: filamentos de actina y miosina; macroproteínas que se intercalan entre sí y envían proyecciones hacia ambos lados del sarcómero, llamadas puentes cruzados, que permiten que, cuando llega un impulso nervioso y la membrana celular se despolariza, los filamentos de actina y miosina se superpongan y la longitud del sarcómero disminuya, generando la fuerza de contracción (Fig. 2).
- Sarcoplasma: matriz celular de las fibras musculares, donde hay grandes cantidades de iones (potasio, magnesio, fosfato), enzimas y mitocondrias.
- Retículo sarcoplasmático: encargado de liberar iones calcio, que iniciarán la atracción entre actina y miosina, haciendo que se deslicen entre sí y provoquen la contracción.



**Fig 1:** Organización del músculo esquelético. Fuente: (16)



**Fig 2:** Estados relajado y contraído de la fibra muscular. Fuente: (16)

## 1.2. Anatomía y biomecánica de los isquiotibiales

El conjunto muscular isquiotibial, situado en la parte posterior del muslo, está conformado por el músculo bíceps femoral, el semitendinoso y el semimebranoso (Fig. 3). Sus funciones principales son la extensión de cadera y la flexión de rodilla, influyendo la posición de ambas articulaciones para la eficacia muscular (17).

### - *Bíceps femoral:*

El más lateral, hace tabique con el vasto externo del cuádriceps, y está formado por dos vientres musculares: la cabeza larga, con origen en la tuberosidad isquiática y ligamento sacrotuberoso, y la cabeza corta, con origen en el tercio medio del fémur por su cara posterior.

Ambas se insertan en la cabeza del peroné. Solo la cabeza larga tiene función de extensión de cadera por atravesar la articulación coxofemoral, mientras que la cabeza corta es el único rotador externo de la rodilla monoarticular.

Ambas cabezas están inervadas por el nervio ciático: la cabeza corta por la rama del nervio peroneo común, y la cabeza larga por la del nervio tibial (L4 – S3).

- *Semitendinoso:*

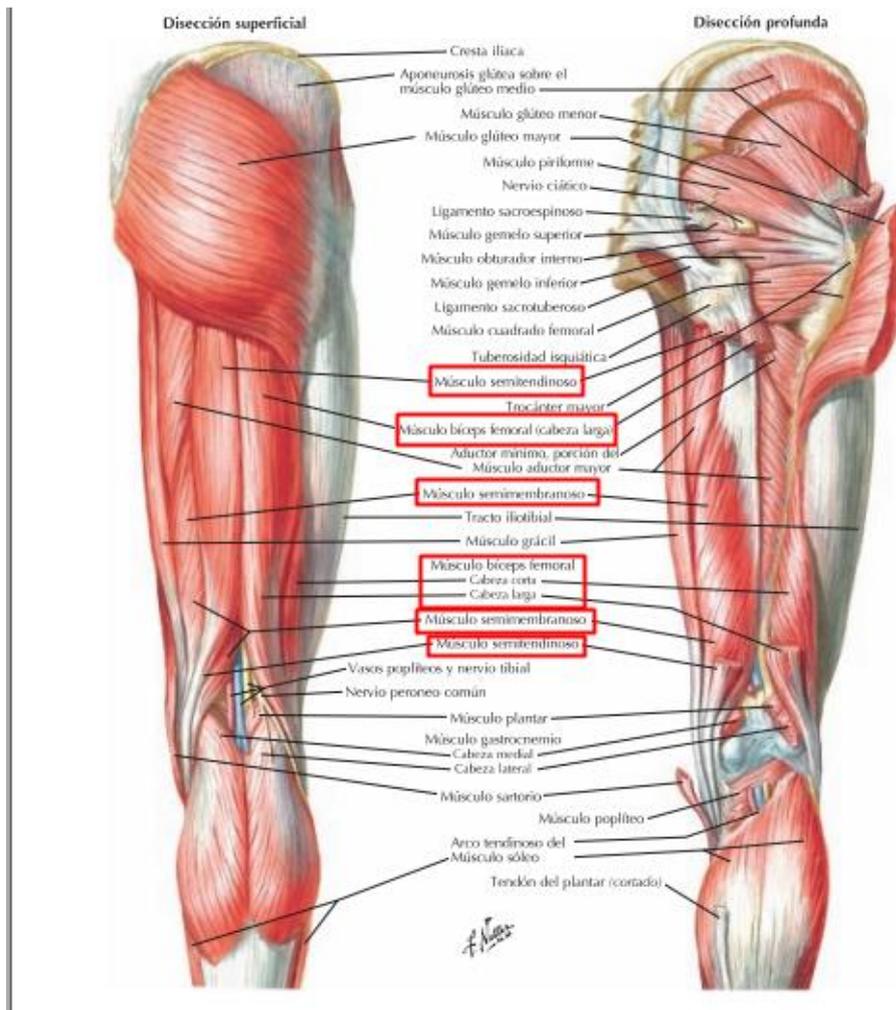
Tiene el mismo origen que el bíceps femoral (tuberosidad isquiática y ligamento sacrotuberoso), desde donde desciende en su mayor parte en forma de tendón, para insertarse en la tuberosidad anterior de la tibia por su cara más medial (pata de ganso). Además de la flexión de rodilla y extensión de cadera, participa en la rotación interna de rodilla.

Su inervación viene de la rama tibial del nervio ciático.

- *Semimembranoso:*

Cubierto en parte por el músculo semitendinoso, se origina también en la tuberosidad isquiática y se inserta en el cóndilo medial de la tibia. Sus funciones son la flexión de rodilla, la extensión de cadera y la rotación interna de rodilla.

Su inervación viene de la rama tibial del nervio ciático (18).



**Fig. 3:** Músculos de la cadera y el muslo, visión posterior. Fuente: (18)

Al ser la mayoría músculos biarticulares, tanto la posición de la cadera como de la rodilla influyen en su longitud: la flexión de cadera aumenta la tensión de los isquiotibiales, a la vez que aumenta su eficacia como flexores de rodilla, y viceversa; la extensión de rodilla favorece la acción como extensores de cadera (17).

Su longitud y su disposición biarticular les expone en mayor medida a traumatismos, además de ser una musculatura predispuesta a sufrir acortamiento y a modificar la biomecánica de la cadera, la rodilla, la columna lumbar y la pelvis, pudiendo provocar dolor a cualquiera de estos niveles (19).

### 1.3. Flexibilidad

Aunque se han descrito numerosas definiciones de flexibilidad, la más simple y amplia es “la amplitud del movimiento de una articulación” o “la capacidad de una articulación para moverse en la amplitud total de su arco de movimiento” (20). Este grado máximo – que debe alcanzarse de forma fisiológica- puede estar limitado por el tejido muscular y/o la capsula articular; además, la bibliografía más reciente propone que la tensión neural también puede limitar el rango de movimiento (21).

La literatura establece dos tipos de flexibilidad: activa y pasiva. Es importante tener esto en cuenta ya que el rango de movimiento de una articulación no es el mismo de forma activa y de forma pasiva, por tanto, tampoco la flexibilidad, ya que ambos están directamente relacionados.

La flexibilidad puede variar en función de algunas variables, como son:

- Edad: hay una pérdida importante de flexibilidad conforme aumenta la edad, alcanzándose los valores más altos durante la infancia.
- Sexo: por lo general, las mujeres poseen más flexibilidad que los hombres.
- Lateralidad: aunque en sujetos sanos la flexibilidad tiende a ser similar en ambas extremidades, en deportistas es frecuente encontrar diferencias entre el lado dominante y el no dominante.
- Factores morfológicos: aunque no hay un consenso, se han descrito relaciones entre la flexibilidad y aspectos antropométricos, la composición corporal, la fuerza muscular o la fuerza.
- Entrenamiento físico: aunque existen entrenamientos específicos de flexibilidad, el ejercicio proporciona una mayor tolerancia al estiramiento así como un incremento de la movilidad articular y, por tanto, de la flexibilidad, aunque sin variar las propiedades viscoelásticas del músculo.
- Factores externos: aspectos como la temperatura, la cual aumenta durante el calentamiento, provoca un consiguiente aumento de la flexibilidad, que también puede variar en diferentes momentos del día (20,21).

Teniendo en cuenta todos estos factores, es difícil establecer un límite de normalidad de flexibilidad. Es importante, a la hora de valorar, saber en qué circunstancias se encuentra el paciente (en este caso el atleta), ya que las exigencias de flexibilidad a la musculatura pueden variar dependiendo de múltiples factores importantes en el deporte, como la disciplina practicada, el momento de la temporada atlética, el nivel de entrenamiento o lesiones previas (21).

#### 1.4. Neurodinamia y sistema nervioso

Se entiende por neurodinámica clínica la aplicación clínica de la mecánica y la fisiología del sistema nervioso y con la función musculoesquelética (22). La neurodinamia considera el sistema nervioso un conjunto formado por tres componentes:

1. El tejido nervioso: formado por el encéfalo, la médula espinal, los pares craneales, raíces nerviosas, nervios periféricos y todos los tejidos conjuntivos asociados.
2. El sistema músculo-esquelético: podría entenderse como el continente del sistema nervioso, cuyos cambios afectan al contenido, el sistema nervioso.
3. El tejido inervado, específico y dependiente de la raíz nerviosa.

El sistema nervioso, con la función de transmitir impulsos a todo el cuerpo, necesita adaptarse mecánicamente a los movimientos del cuerpo; lo que realiza mediante tres mecanismos:

- Tensión: los nervios soportan un mecanismo de alargamiento cuando su continente efectivamente se alarga. El perineuro es la principal estructura que protege de un estiramiento excesivo.
- Deslizamiento: es la característica más importante en la función neural, ya que permite aliviar la tensión, desplazándose el nervio hacia donde más tensión encuentre. Los nervios se deslizan tanto transversal como longitudinalmente.
- Compresión: ante un cambio de volumen en la superficie de contacto, el nervio asimila la fuerza de compresión y cambia su anchura. El epineuro es la estructura que se encarga de proteger de una compresión excesiva (22).

El terapeuta tiene que tener en cuenta estas características a la hora de aplicar un tratamiento de neurodinamia, basado, además, en otro componente importante: **el movimiento de las articulaciones**. Un movimiento articular viene seguido de un aumento de tensión de los nervios que discurren por dicha articulación. El nervio responde deslizándose hacia ella, pues es ahí donde comienza la tensión. Por tanto, el movimiento de varias articulaciones contiguas produce un alargamiento mayor del nervio. Las pruebas y tratamientos de neurodinamia se basan en este principio, movilizando diferentes articulaciones y haciendo que el nervio se deslice en diferentes direcciones en función de la tensión y sus cambios.

El tratamiento mediante neurodinamia se basa en secuencias de movimientos articulares amplios y lentos, que produzcan deslizamiento y apliquen cierta tensión en el nervio, actuando en la función mecánica del nervio y dotándole de elasticidad. Asimismo,

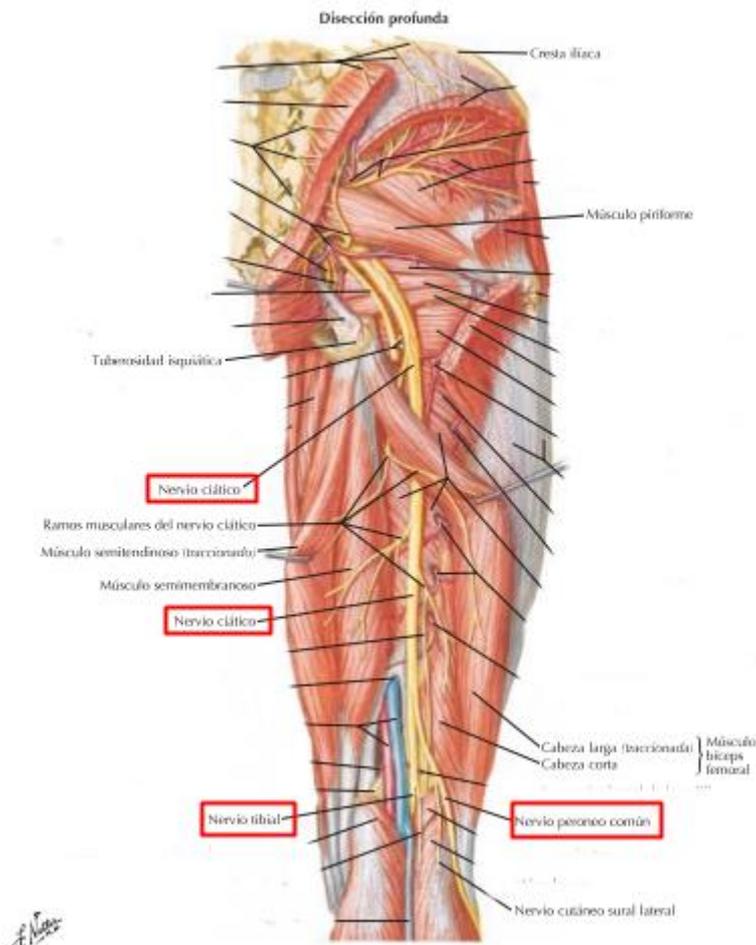
mejorando la mecánica, mejora también la fisiología del nervio, ya que son interdependientes (22).

### 1.5. El nervio ciático

El nervio ciático se origina en las vértebras L4-S3, y es el nervio más ancho, largo y resistente del cuerpo. Discurre por la escotadura ciática mayor para descender por la parte posterior del muslo. A la altura del tercio distal, se divide en dos ramas principales: el nervio tibial y peroneo común (Fig.4). En la mayoría de la población pasa por debajo del músculo piriforme, aunque hay variaciones anatómicas (23).

Es un nervio mixto, al igual que sus dos ramas, y se encarga de la inervación del piramidal, isquiotibiales y aductor mayor (22).

Su tratamiento mediante deslizamientos será el objetivo principal del presente estudio.



**Fig.4:** Recorrido del nervio ciático y sus ramificaciones. Fuente: (18)

## 1.6. Atletismo: biomecánica de la carrera

La definición más básica del atletismo es “el conjunto de prácticas atléticas o ejercicios corporales basados en gestos naturales del hombre: caminar, correr, saltar, marchar y lanzar” (24).

Si añadimos el componente competitivo, alcanzamos la definición moderna de atletismo:

“Deporte que contiene un gran conjunto de disciplinas agrupadas en carreras, saltos, lanzamientos, pruebas combinadas y marcha. Es el arte de superar el rendimiento de los adversarios en velocidad o en resistencia, en distancia o en altura”.

Uno de los aspectos importantes del atletismo es su variedad de pruebas y especialidades, también relacionados con diferentes lesiones. El programa de atletismo se divide en:

- Carreras: divididas también en lisas y obstáculos, y agrupadas en función de la distancia recorrida en:
  - Velocidad: 100, 200 y 400 metros lisos; 100/110 y 400 metros vallas.
  - Medio fondo: 800 y 1.500 metros lisos
  - Fondo: 5.000 y 10.000 metros lisos; 3.000 obstáculos.
  - Marcha: 20 y 50 kilómetros.
  - Maratón: 42.195 metros.
  - Pruebas de relevos.
- Concursos: saltos (verticales y horizontales) y lanzamientos (24).

Basándonos en la evidencia científica, no cabe duda de que la aparición de lesiones en atletismo tiene un origen multifactorial, siendo una biomecánica anormal uno de los factores más importantes a tener en cuenta (25).

\* Fases de la carrera:

- Zancada: ciclo que recorre el pie desde que pierde el contacto con el suelo hasta que nuevamente se apoya en él. Cada zancada se divide en:
  - Fase de impulso: se produce por la extensión del tobillo y rodilla, colocándose las caderas en el punto más bajo de su trayectoria. En esta fase los isquiotibiales realizan un importante trabajo excéntrico para extender la rodilla. El apoyo del pie es fundamentalmente con la parte externa al inicio del impulso, para terminar presionando el suelo con la más interna (el último apoyo siempre es el dedo gordo). La fase termina cuando el pie se separa del suelo.

- Suspensión: el pie pierde el contacto con el suelo, la cadera y la rodilla se flexionan y comienza el impulso de la pierna contraria, trabajando ambas de forma coordinada (tándem de piernas). El tobillo, que se encuentra en extensión, comienza a flexionarse para facilitar el avance y preparar la caída. Se produce en esta fase una pérdida del impulso, que producirá dicha caída.
- Apoyo: el pie vuelve a tocar el suelo generalmente con la parte externa del antepié.
- Recepción: la pierna alcanza el terreno ligeramente flexionada, lo que permite prepararla para un nuevo impulso y amortiguar la caída. El pie realiza el apoyo con la parte externa del metatarso (23).

### **1.7. Dolor lumbar y flexibilidad isquiotibial en atletas**

El dolor lumbar es una de las patologías más comunes en la población; es un 80% el porcentaje de personas que alguna vez a lo largo de su vida han sufrido dolor lumbar (26). Aunque hay escasa literatura que investigue la prevalencia del dolor lumbar en practicantes de atletismo, algunos estudios muestran que hasta un 66,9% de los atletas han padecido dolor lumbar en algún momento de su vida (27).

Aunque la etiología no está clara, se ha encontrado relación entre la longitud de los isquiotibiales y el dolor lumbar, ya que, un aumento de tensión en las inserciones de estos músculos provocaría un mal alineamiento sacroilíaco, derivando en dicho dolor (19). También se sugiere que el acortamiento isquiotibial provocaría una asimetría entre una extremidad y la contralateral, así como una descompensación con los músculos paravertebrales y numerosos cambios biomecánicos y posturales, como un aumento de la báscula pélvica posterior (28).

## **2. HIPÓTESIS**

La disminución de la flexibilidad en los músculos isquiotibiales empeora el rendimiento de los atletas y supone un factor de riesgo para la aparición de lesiones. La incorporación de técnicas de neurodinamia proporciona una mejoría en la flexibilidad muscular, reduciendo el riesgo del atleta de padecer lesiones a este nivel.

### 3. JUSTIFICACIÓN Y OBJETIVOS

Las lesiones deportivas suponen un gran porcentaje del trabajo de los fisioterapeutas. Concretamente las lesiones de isquiotibiales se consideran una de las más frecuentes en el deporte en general y en el atletismo en particular. Por otra parte, los fisioterapeutas cada vez formamos más parte del programa preventivo de lesiones. Por tanto, es necesario avanzar en cuanto a técnicas de tratamiento y preventivas, para mejorar en lo máximo posible el rendimiento de los atletas.

Aunque existe evidencia que demuestra que los estiramientos musculares son efectivos en el tratamiento del acortamiento isquiotibial, la posible implicación del tejido neural en dicho acortamiento sugiere que los estiramientos sean insuficientes.

Sabiendo que la neurodinamia integra tanto el sistema musculo-esquelético como el sistema nervioso periférico, proponemos en el presente estudio la aplicación de técnicas neurodinámicas en atletas semi-profesionales, provocando cambios mecánicos y fisiológicos en el sistema musculo-esquelético y proporcionando indirectamente una mejora añadida de la flexibilidad de los músculos generalmente acortados.

#### **Objetivo principal:**

- Evaluar la mejoría en el grado de acortamiento de los músculos isquiotibiales en atletas semi-profesionales y valorar la efectividad de las técnicas de neurodinamia como prevención al realizar una movilización neural del nervio ciático para analizar si se producen cambios significativos en la capacidad elástica de los isquiotibiales.

#### **Objetivos secundarios:**

- Relacionar el acortamiento isquiotibial con los datos epidemiológicos de los atletas y con las lesiones de estructuras relacionadas.
- Realizar un estiramiento neural del nervio ciático para analizar si se producen cambios significativos en la capacidad elástica de los isquiotibiales.
- Comparar los cambios entre el tratamiento neurodinámico y los estiramientos musculares convencionales.
- Valorar la inclusión de las técnicas de neurodinamia en la fisioterapia deportiva para mejorar el rendimiento del atleta.

## 4. MATERIAL Y MÉTODOS

### 4.1. Tipo de diseño

El estudio presentado se trata de un ensayo clínico aleatorizado (analítico y experimental) y de secuencia longitudinal.

El ensayo se llevó a cabo con 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, por lo que no fue necesaria la aprobación del comité de ética, no obstante se realizó la consulta pertinente.

### 4.2. Participantes

La muestra experimental fue de un total de 37 atletas, 25 hombres y 12 mujeres, con edades comprendidas entre 15 y 48 años (promedio de 24,32 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; más concretamente: 19 fondistas (más de 1.500 metros lisos), 14 velocistas (100 - 400 metros lisos), 13 medio-fondistas (800 - 1.500 metros lisos), 2 vallistas (110 - 400 metros vallas), y 1 atleta de pruebas combinadas (decatlón).

Cuatro pacientes fueron excluidos del estudio por falta de asistencia a las sesiones (2) y por padecer una lesión incompatible con el estudio (2), por tanto, la muestra final fue de 33 pacientes.

### 4.3. Descripción del procedimiento

#### 4.3.1. Consideraciones previas

Como punto de partida del estudio, realizamos un cuestionario con preguntas de propia realización basadas en la revisión bibliográfica realizada para el estudio, con la finalidad de ahondar en la incidencia de dolor y/o lesiones en la zona lumbar y/o miembro inferior (y más concretamente en los isquiotibiales) así como la práctica o no de estiramientos musculares (Anexo 1).

Por otra parte, preguntas extraídas de cuestionarios validados al castellano, como *Tampa Scale for Kinesiophobia (TSK)* (29), *Modified Roland-Morris disability questionnaire* (30),

escala visual analógica de dolor lumbar y miembro inferior, e índice de discapacidad de *Oswestry* (31), valoraron el miedo al dolor relacionado con las lesiones (TSK) y la discapacidad producida por el dolor lumbar (Roland Morris modificado y *Oswestry*). A esta información se añadirán los datos epidemiológicos de los atletas (edad, género, años como practicante de atletismo, horas semanales de entrenamiento, especialidad, etc.).

La totalidad de los participantes firmaron un consentimiento informado al inicio del estudio, al cual acompañaba una hoja de información al paciente, donde se explicaba en qué consistía el estudio, así como la posibilidad de su abandono, sin necesidad de justificación, en cualquier momento de la investigación. Así mismo se especificaba la nula existencia de riesgos con la posibilidad de obtener beneficios (Anexo 2).

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 semi-profesional.
- 2) Participación voluntaria en el estudio.
- 3) Posibilidad de asistencia a las sesiones de tratamiento, en caso de pertenecer a los grupos de intervención.

Como criterios de exclusión:

- 1) No practicar una prueba que incluya carrera.
- 2) Presentar alguna lesión que suponga una contraindicación para la técnica.
- 3) No presentar continuidad en el tratamiento.

#### **4.3.2. Instrumentos**

Las mediciones se realizaron con los siguientes instrumentos:

- Goniómetro universal (Fig.5)
- Cinta métrica (Fig.6)
- Camilla
- Banqueta



**Fig.5:** Goniómetro universal. Fuente: elaboración propia. **Fig.6:** Cinta métrica. Fuente: elaboración propia

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

Las pruebas de valoración de la extensibilidad 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 entendimiento y elaboración (2,32,33,34).

Las pruebas se realizaron en la pierna dominante del paciente. En cada una se anotaron tres mediciones, seleccionando finalmente la mejor. El descanso entre test fue de uno a dos minutos. No se realizó un calentamiento previo a la valoración.

##### **1. Distancia dedos-suelo**

El paciente 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 (Fig. 7).



*Fig. 7: prueba dedos - suelo. Fuente: elaboración propia*

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 paciente 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 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 (Fig. 8).



*Fig. 8: posición inicial de la prueba APA. Fuente: elaboración propia*

Se solicita al paciente 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.

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

Esta prueba valora el ángulo de flexión de cadera con la rodilla extendida.

El paciente 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 peroneo.

#### **4.3.4. Intervención**

Se elaboró un programa de tratamiento, cuya duración fue de 4 semanas; 8 sesiones en total divididas en dos sesiones semanales.

De manera aleatoria, se dividió a los pacientes en tres grupos:

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

En la primera sesión de todos los componentes de la muestra, se llevó a cabo la valoración de los pacientes con los test anteriormente descritos; las mediciones también tuvieron lugar en la última sesión con lo que en ambas, primera y última, procedimos con el mismo protocolo: medición pre-intervención y post-intervención; entre ambas sesiones llevamos a cabo el tratamiento.

## ❖ Deslizamiento neural en SLR

Los deslizamientos neurodinámicos se definen como “maniobras cuyo fin es producir movimientos de deslizamiento de las estructuras neurales en relación con los tejidos adyacentes”. Mediante estas maniobras se produce un efecto directo sobre el tejido nervioso, que provoca cambios dinámicos en el mismo (22).

Su importancia para el tratamiento reside en que aportan movimiento en los nervios sin generar demasiada tensión o compresión, y se mejora así su mecánica.

El deslizamiento en SLR actúa sobre el nervio ciático, responsable de la inervación de los músculos isquiotibiales. La técnica consiste en aplicar tensión en el extremo distal a la vez que se libera el proximal, para después invertir el proceso. Es importante destacar que no es necesario ni recomendable un movimiento articular muy amplio para conseguir deslizar el nervio, por lo que el movimiento se realiza dentro de un rango delimitado por la llamada R1, que se definiría como la primera resistencia que el fisioterapeuta percibe al elevar la pierna del paciente. Esto permite movilizar la estructura nerviosa sin dolor y sin riesgo de superar los límites de tensión.

El procedimiento para realizar el deslizamiento en SLR fue:

El paciente 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 (Fig. 9) (22).



*Fig. 9: realización de la movilización SLR con sensibilización en flexión dorsal.*

El concepto de sensibilización hace referencia a un movimiento articular que añade una tensión previa a uno de los extremos del nervio, en este caso, al tracto tibial (34). Se optó por este movimiento por ser la flexión dorsal un gesto importante en la biomecánica de la carrera, con el objetivo de aportar elasticidad al nervio en todas las posiciones requeridas en la misma.

La movilización propiamente dicha consta de dos movimientos: flexión de cadera (no es común superar los 40 grados de flexión, aunque varía en función del paciente) y flexión dorsal de tobillo (de 90 grados aproximadamente). Al flexionar la cadera se debe relajar el tobillo, para después repetirlo a la inversa, aportando así el movimiento necesario para permitir al nervio deslizarse hacia la articulación en movimiento (22,34).

Cada secuencia de dos movimientos constituye una repetición. El tratamiento completo consta de dos series de diez repeticiones, con un tiempo de reposo de un minuto entre ambas series.

#### ❖ Estiramientos musculares

En el grupo 2 de intervención, el tratamiento constaba de dos partes; dos series de los estiramientos neurales explicados en el apartado anterior, además de dos tipos de estiramientos musculares para los isquiotibiales, estáticos - pasivos (Fig. 9 y 10).



*Fig. 9 y 10: estiramientos musculares. 1: flexión máxima de cadera, 2: posición de salida de corredor.*

La duración de estos fue de treinta segundos cada uno, ya que este es el tiempo establecido como suficiente por la literatura científica (1,4), recibiendo un total de 60 segundos de estiramiento en cada sesión. Entre ambos, el paciente descansa un minuto.

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, como el estiramiento dinámico o la facilitación neuromuscular propioceptiva (35).

#### **4.3.5. Análisis de datos**

La recogida de datos se realizó rellenando de forma manual una tabla de diseño propio, para después trasladar 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  $p$ .

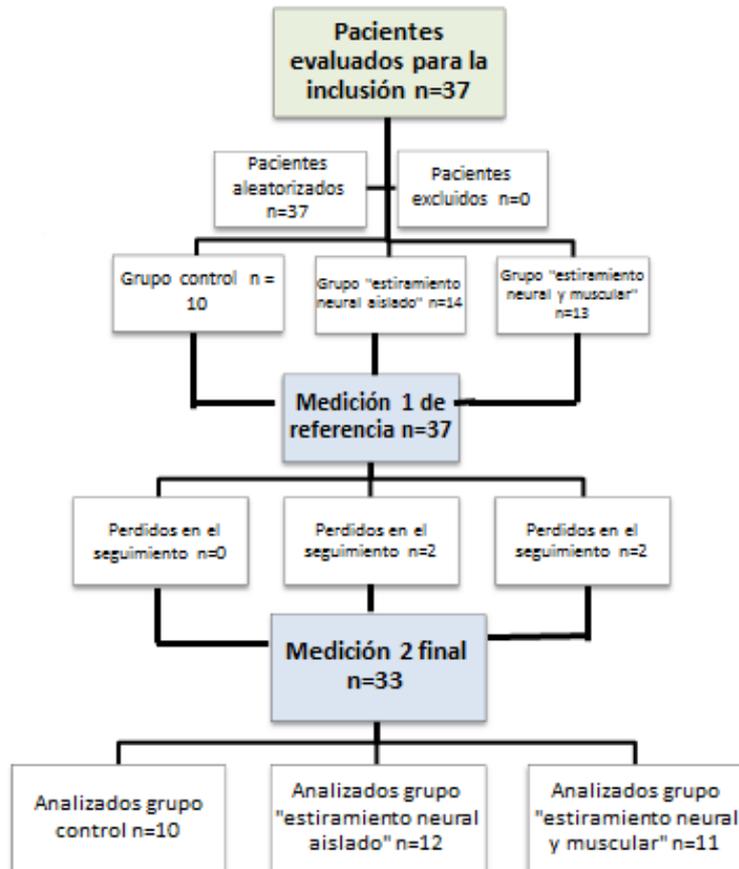
Para el análisis de las variables cualitativas se realizaron tablas de contingencia, así como una prueba LOGIT (regresión logística binaria) con el fin de establecer relaciones entre todas las variables estudiadas.

Por otra parte, se realizaron análisis descriptivos mediante tablas de frecuencias y porcentajes de las variables cualitativas.

## 5. RESULTADOS

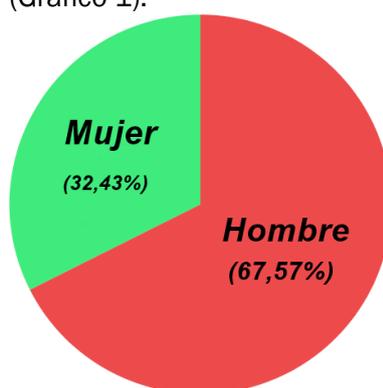
### 5.1. Análisis descriptivo de la muestra

37 atletas federados (25 hombres y 12 mujeres; edad media 24,32 años  $\pm$  9,55) fueron evaluados en el estudio. Cuatro participantes fueron excluidos del estudio por no acudir a dos o más sesiones, o por motivos personales (Fig. 11).



*Fig 11:* Flujo de distribución de los pacientes en el estudio

El análisis de la distribución **por sexos**, mostrado a continuación, revela una participación mayoritariamente masculina (Gráfico 1).



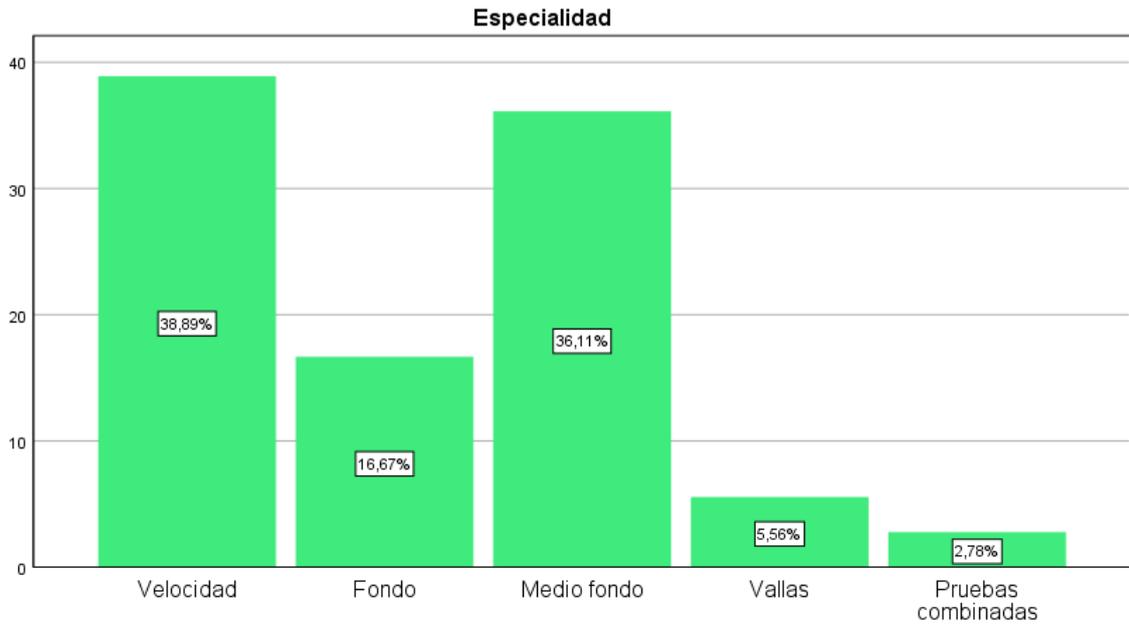
**Gráfico 1:** Distribución de la muestra por sexos

En cuanto a la edad de los participantes, el grupo más numeroso fue el de edades comprendidas entre 15 y 19 años, mientras que el menos cuantioso es el de edades comprendidas entre 35 y 39 años. Las frecuencias de cada grupo de edad se muestran en la Tabla 1:

**Tabla 1:** Frecuencias y porcentajes de los distintos grupos de edad

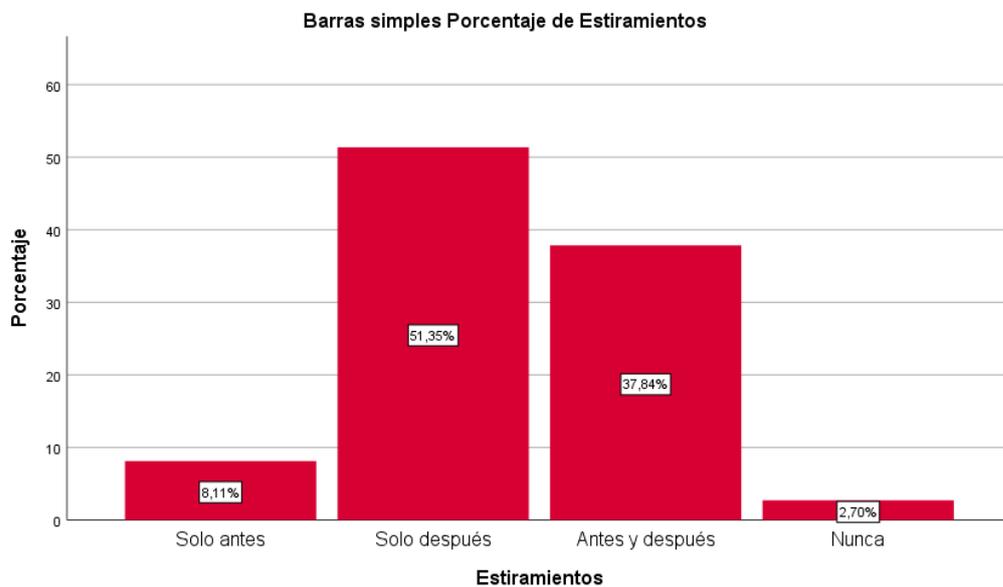
	Frecuencia	Porcentaje
15-19	14	37,8
20-24	10	27,0
25-29	4	10,8
30-34	3	8,1
35-39	2	5,4
Más de 45	4	10,8
Total	37	100,0

La recogida de datos referente a la especialidad de los atletas muestra que la más practicada es la velocidad, seguida de las pruebas de medio fondo, mientras que el menor porcentaje se encuentra en las pruebas combinadas (Gráfico 2).



**Gráfico 2:** Distribución de la muestra por especialidad expresada en porcentajes.

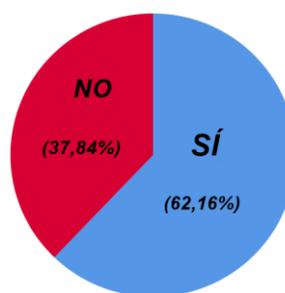
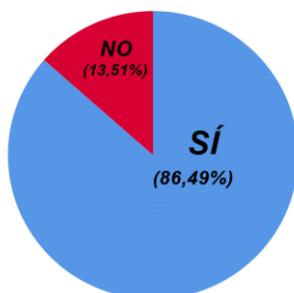
En cuanto a la práctica de estiramientos, se observa que lo más habitual es que los atletas estiren la musculatura del miembro inferior (cuádriceps e isquiotibiales) solo después del entrenamiento (51,35%) siendo muy poco común no estirar nunca (2,70%) (Gráfico 3).



**Gráfico 3:** Distribución de la muestra por práctica de estiramientos expresada en porcentajes.

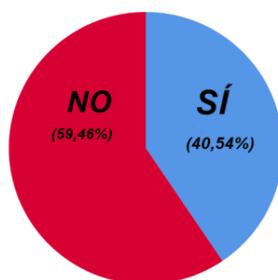
## 5.2. Registro de lesiones en la zona lumbar y/o miembro inferior

Los datos obtenidos en cuanto al **dolor lumbar y/o en el miembro inferior** muestran que un alto porcentaje de atletas ha sufrido esta situación en algún momento de su vida atlética (Gráfico 4). Además, una proporción menor, aunque también mayoritaria, señala haber padecido una lesión diagnosticada en dicha región (Gráfico 5).



**Gráfico 4:** porcentajes de dolor en zona lumbar y/o MI **Gráfico 5:** porcentajes de lesión en zona lumbar y/o MI

Concretamente refiriéndonos a las lesiones de la musculatura isquiotibial, se observa que un alto porcentaje de atletas han sufrido dicha lesión (Gráfico 6).



**Gráfico 6:** Distribución de la muestra por lesión isquiotibial en porcentajes.

Además, los resultados del cuestionario indican que este cuadro es más prevalente en hombres (12 atletas) con edades comprendidas entre los 15 y 19 años (7 atletas), velocistas o medio-fondistas (5 atletas en ambos casos) y con una media de horas de entrenamiento semanales entre 5-7 y 8-10 (5 atletas en ambos casos).

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:

- Estar sentado: un 10,8% refiere no poder estar sentado más de una hora.
- 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.

Por último, respecto al miedo a sufrir una lesión, la media de las respuestas se sitúa entre 2,08 y 3,12 de puntuación, siendo 1 totalmente en desacuerdo y 4 totalmente de acuerdo.

### 5.3. Análisis comparativo de las variables categóricas

Tras realizar un modelo de regresión lineal que relacione las variables descriptivas explicadas anteriormente (Tabla 2), encontramos una relación estadísticamente significativa entre haber padecido lesión en los isquiotibiales (variable dependiente), y la práctica habitual de estiramientos ( $p=0,022$ ). El valor de B, cercano a 3, indica que la relación entre ambas variables es fuerte.

**Tabla 2:** Modelo de regresión lineal para las variables cualitativas.

		Variables en la ecuación					
		B	Error estándar	Wald	gl	Sig.	Exp(B)
Paso 1 <sup>a</sup>	Edad	-,155	,482	,104	1	,747	,856
	Género	2,403	1,522	2,494	1	,114	11,061
	Especialidad	,007	,503	,000	1	,988	1,007
	Horas de entrenamiento	-,179	1,066	,028	1	,867	,836
	Años como atleta	1,443	,803	3,225	1	,073	4,233
	Dolor zona lumbar/MI	-,318	1,804	,031	1	,860	,727
	Lesión CL/MI	,574	1,169	,241	1	,623	1,776
	Estiramientos	2,901	1,266	5,249	1	,022	18,187
	Constante	-12,416	6,182	4,034	1	,045	,000

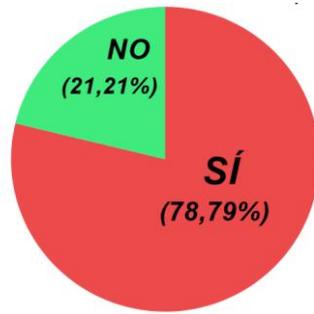
a. Variables especificadas en el paso 1: Edad , Género , Especialidad , Horas de entrenamiento , Años como atleta , Dolor zona lumbar/MI , Lesión CL/MI, Estiramientos .

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

#### 5.4.1. Resultados de la prueba ángulo poplíteo activo

Basándonos en las medidas de la prueba del ángulo poplíteo activo (APA), un 90,9% de los pacientes presentaba acortamiento isquiotibial (Tabla 3) (32,36) antes del tratamiento. Tras la aplicación del mismo (sesión 8), este porcentaje se redujo a un 69,9%.

Un 78,79% de los pacientes mejoraron (Gráfico 7) siendo un total de 26 pacientes pertenecientes al grupo de mejora. Este grupo estaría formado principalmente por hombres (19), y por pacientes pertenecientes al grupo de intervención 2 (estiramiento neural y muscular) (12).



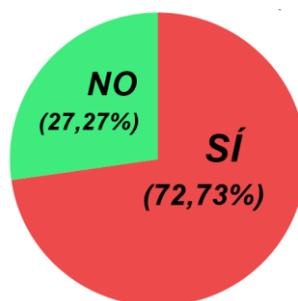
*Gráfico 7: porcentaje de mejoría en la prueba APA*

Se han encontrado cambios significativos entre las medidas pre intervención y post intervención del primer día ( $p=0,05$ ) en el grupo de intervención 2, no siendo así en el grupo 1 (estiramiento neural;  $p=0,228$ ) ni en el grupo control ( $p=0,871$ ). Sin embargo, un cambio notablemente significativo se ha hallado entre la medición pre intervención de la primera sesión y la post intervención de la última sesión, tanto en el grupo 1 como en el 2, siendo  $p=0,01$  para ambos casos. Por otra parte, para el grupo 1, también hubo una mejora significativa ( $p=0,01$ ) en las mediciones pre y post-intervención de la sesión 8 (Tabla 4).

#### **5.4.2. Resultados de la prueba elevación de la pierna recta**

En este caso, solo un 36,36% de los pacientes presentaba acortamiento isquiotibial antes del tratamiento, siguiendo los criterios de dicha prueba (32,36). Al finalizar la intervención, esta cantidad se redujo a un 24,24% (Tabla 3).

Un 72,73% de los pacientes mejoraron en esta prueba (Gráfico 8), estando el grupo de mejora integrado fundamentalmente por hombres (16) y por integrantes del grupo 2 de intervención (9).



*Gráfico 8: porcentaje de mejora en la prueba SLR*

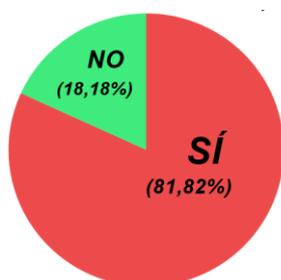
No se han hallado cambios significativos entre los valores de las mediciones pre y post intervención de la primera sesión para ningún grupo de intervención ( $p=0,660$  para el grupo 1 y  $p=0,235$  para el grupo 2), sin embargo, sí fue significativo el cambio en el grupo control ( $p=0,01$ ). Por otra parte, entre la medición pre intervención de la primera sesión y la

post intervención de la última sesión, sí se han hallado diferencias significativas en el cambio para el grupo 2 ( $p=0,04$ ), no siendo así para el grupo 1 ( $p=0,438$ ).

#### 5.4.3. Resultados de la prueba dedos-suelo

Siguiendo el criterio de acortamiento de (36), un 30,30% de los pacientes presentaban los isquiotibiales acortados antes del tratamiento, frente al 21,21% que lo presentaba tras el tratamiento (Tabla 3).

Para la prueba dedos-suelo, un 81,82% de los pacientes mejoraron (gráfico 9). Es llamativo destacar que, dentro del grupo de mejora, un 44,4% pertenecen al grupo 2, y un 40% al grupo 1 de intervención, siendo solo un 14,8% la mejoría en el grupo control. Además, el grupo de mejora está formado principalmente por hombres (74,07%).



*Gráfico 9: porcentaje de mejora en la prueba dedo-suelo*

Por otra parte, se han hallado diferencias significativas entre las mediciones de la primera y la última sesión para los dos grupos de intervención, siendo  $p=0,024$  para el grupo 1 y  $p=0,007$  para el grupo 2. No hubo cambios significativos en la primera sesión para ninguno de los grupos (Tabla 4).

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 5.

*Tabla 3: Pacientes con acortamiento isquiotibial según los valores de referencia*

PRUEBA	NORMALIDAD	% PACIENTES CON ACORTAMIENTO ANTES DE LA INTERVENCIÓN (SESIÓN 1)	% PACIENTES CON ACORTAMIENTO DESPUÉS DE LA INTERVENCIÓN (SESIÓN 8)
APA (°)	0 - 20° (32,36)	90,90%	69,90%
SLR (°)	80° (32,36)	36,36%	24,24%
Dedos-suelo (cm)	≥ - 5 cm (36)	30,30%	21,21%

**Tabla 4:** Resultados de las pruebas de valoración de flexibilidad

	<b>PRUEBA</b>	<b>MEDICIONES COMPARADAS</b>	<b>SIGNIFICANCIA (p)</b>
<b>GRUPO 1 (DESLIZAMIENTO NEURAL AISLADO)</b>	<b>APA</b>	Pre intervención día 1 - post intervención día 1	0,228
		Pre int día 8 - post int día 8	<b>0,02</b>
		Pre int día 1 - post int día 8	<b>0,01</b>
	<b>SLR</b>	Pre intervención día 1 - post intervención día 1	0,660
		Pre int día 8 - post int día 8	0,806
		Pre int día 1 - post int día 8	0,438
	<b>DS</b>	Pre intervención día 1 - post intervención día 1	0,061
		Pre int día 8 - post int día 8	0,436
		Pre int día 1 - post int día 8	<b>0,024</b>
<b>GRUPO 2 (ESTIRAMIENTO NEURAL Y MUSCULAR)</b>	<b>APA</b>	Pre intervención día 1 - post intervención día 1	<b>0,05</b>
		Pre int día 8 - post int día 8	0,451
		Pre int día 1 - post int día 8	<b>0,01</b>
	<b>SLR</b>	Pre intervención día 1 - post intervención día 1	0,235
		Pre int día 8 - post int día 8	0,391
		Pre int día 1 - post int día 8	<b>0,04</b>
	<b>DS</b>	Pre intervención día 1 - post intervención día 1	0,111
		Pre int día 8 - post int día 8	0,067
		Pre int día 1 - post int día 8	0,07
<b>GRUPO CONTROL</b>	<b>APA</b>	Día 1 - Día 8	0,871
	<b>SLR</b>	Día 1 - Día 8	<b>0,01</b>
	<b>DS</b>	Día 1 - Día 8	0,935

**Tabla 5:** Mejoría en los valores medios de cada prueba

	Medición	Media	Mejoría
GRUPO 1 (DESLIZAMIENTO NEURAL AISLADO)	APA pre-intervención 1	39,37	15,01°
	APA post-intervención 8	24,36	
	SLR pre-intervención 1	89,90	2,37°
	SLR post-intervención 8	92,27	
	DS pre-intervención 1	-1,72	11,62 cm
	DS post-intervención 8	9,90	
GRUPO 2 (ESTIRAMIENTO NEURAL Y MUSCULAR)	APA pre-intervención 1	40,25°	10°
	APA post-intervención 8	30,25°	
	SLR pre-intervención 1	72,00°	12,41°
	SLR post-intervención 8	84,41°	
	DS pre-intervención 1	-4,81 cm	30,18 cm
	DS post-intervención 8	25,37 cm	
GRUPO CONTROL	APA 1	36,40°	0,6°
	APA 8	35,80°	
	SLR 1	81,80°	5,8°
	SLR 8	87,60°	
	DS 1	12,70 cm	0,25°
	DS 8	12,95 cm	

## 6. DISCUSIÓN

El objetivo del presente estudio fue analizar la efectividad de una técnica de deslizamiento del nervio ciático en pacientes practicantes de atletismo, para reducir el grado de acortamiento de los músculos isquiotibiales, valorando si existe una mejora en la capacidad elástica de los mismos. 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, reduciría los riesgos de lesión a los que se ve sometido un atleta con los isquiotibiales acortados.

Tras analizar los resultados, podemos confirmar nuestra hipótesis inicial.

La distribución por sexos no fue homogénea, siendo la participación masculina notablemente superior a la femenina, por tanto, es lógico que todos los grupos de mejora estén formados principalmente por 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.

Se ha demostrado que la práctica de estiramientos es hoy en día fundamental en la rutina de los atletas, aunque no haya consenso de en qué momento del entrenamiento. La literatura científica muestra que los estiramientos son efectivos para la mejora de la flexibilidad (1,21,37), cuya carencia supone un factor de riesgo para la aparición de lesiones. Esto coincide con los resultados obtenidos en este estudio, donde hemos observado una relación directa entre la práctica de estiramientos y la 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 y en la zona lumbar siguen siendo bastante 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 isquiotibiales (21), 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 (38). 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 dos 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 (5,6,8,38), cuyos resultados muestran que los

grupos en los que se aplica la neurodinamia y los estiramientos musculares son los más beneficiados.

La aplicación de técnicas de neurodinamia para los atletas con los isquiotibiales acortados ha proporcionado resultados positivos, consiguiendo en los dos grupos de intervención una importante mejoría. Llama la atención que, los cambios significativos de ambos grupos aparecen tanto a corto plazo (diferencias en una sesión) como a largo plazo (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 cuando se buscan cambios a largo plazo, aunque la combinación de ambas puede aportar una mejoría en la capacidad elástica 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) (34) 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 (4,6,37,38). Es llamativo que, dependiendo de la prueba que tomemos como referencia, el porcentaje de pacientes con acortamiento 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 5, la media de los grados obtenidos en las mediciones post-intervención del último día son notablemente mejores que las del primer día, al igual que las medias de la prueba APA.

No obstante, podría ser interesante para futuras investigaciones 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.

## 7. CONCLUSIONES

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

- La práctica habitual de estiramientos musculares está directamente relacionada con el hecho de no padecer una lesión en los isquiotibiales y constituye una técnica preventiva fundamental.
- La técnica de deslizamiento neural en SLR es efectiva para reducir el grado de acortamiento de los isquiotibiales.
- Los atletas pueden incluir estiramientos neurodinámicos 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 capacidad elástica de los isquiotibiales.
- Son necesarios más estudios que demuestren que las técnicas de neurodinamia son aplicables en el ámbito del deporte.

## 8. BIBLIOGRAFÍA

1. Madeiros DM, Clni A., Sbruzzi G., Lima CS. Influence of static stretching on hamstring flexibility in healthy young adults: Systematic review and meta-analysis. *Phsiother Theory Pract.* 2016; 32(6): 438-445.
2. Silva R, Go A. Síndrome de los isquiotibiales acortados. *Fisioterapia.* 2008;30(4):186-93.
3. Hoyo M De, Carrasco L, Sañudo B. 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. Albuquerque-sendı F, Ph D, Ferna C, Sa C. Immediate Effects of Adding a Sciatic Nerve Slider Technique on Lumbar and Lower Quadrant Mobility in Soccer Players: a pilot study. *J Altern Complement Med.* 2010;16(6): 669-75.
5. Sharma S, Balthillaya G, Rao R, Mani R. Short term effectiveness of neural sliders and neural tensioners as an adjunct to static stretching of hamstrings on knee extension angle in healthy individuals: A randomized controlled trial. *Phys Ther Sport.* 2016;17:30-7.
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): 1-7.
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): 311-315.
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. Daly C, Persson UM, 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):413-420.
10. Timpka T, Alonso J, 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. *J Sports Med.* 2014; 48:483-490.
11. 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.
12. Kim BY, Vigil D V. A Review of Injury Patterns in Athletes Competing in Combined Competitions: Heptathlon and Decathlon. *Curr Sports Med Rep.* 2016; 15(6): 433-436.

13. Tokutake G., Kuramochi R., Murata Y., Enoki S., Koto Y. ST. The risk factors of Hamstring Strain Injury induced by High-Speed Running. *J Sport Sci Med.* 2018; 17 (4):650–655.
14. Edouard P, Depiesse F, Branco P, Alonso J. Analyses of Helsinki 2012 European Athletics Championships Injury and Illness Surveillance to Discuss Elite Athletes Risk Factors. *Clin J Sport Med.* 2014; 24(5):409–15.
15. 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): 213–8.
16. Guyton A. Hall E.J. *Tratado de Fisiología Médica.* 12 ed. Barcelona: Elsevier; 2011.
17. Kapandji AI. *Fisiología Articular.* Tomo 2. 6 ed. Madrid: Editorial Medica Panamericana; 2010.
18. Netter FH. *Atlas de Anatomía Humana.* 5 ed. Barcelona: Elsevier; 2011.
19. 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.
20. Soares CG. *Flexitest: El método de evaluación de la flexibilidad.* 1 ed. Badalona: Editorial Paidotribo; 2005.
21. Albrecht Karin MS. *Estiramientos y Movilidad.* 1 ed. Barcelona: Editorial Paidotribo; 2016.
22. Shacklock M. *Neurodinamia Clínica. Un nuevo sistema de tratamiento musculoesquelético.* 1 ed. Madrid: Elsevier; 2007.
23. Tubbs RS, Collin PG, D'Antoni A V., Loukas M, Oskouian RJ, Spinner RJ. Sciatic Nerve Intercommunications: New Finding. *World Neurosurg.* 2017; 98: 176–81.
24. Bravo, J. Pascua, M. Gil, F. Ballesteros, JM. Campra E. *Atletismo.* 1 ed. España: Comité Olímpico Español.
25. Riaz N, Wolden SL, Gelblum DY, Eric J. An evidence-Based Videotaped Running Biomechanics Analysis. *Phys Med Rehab Clin M Am.* 2016; 27 (1): 217-236.
26. Noormohammadpour P, Farahbakhsh F, Farahbakhsh F, Rostami M, Kordi R. Prevalence of low back pain among athletes: A systematic review. *J back Musculoskelet Rehabil.* 2018; 31(5): 901-916.
27. Noormohammadpour P, Rostami M, Mansournia MA, Farahbakhsh F, Pourgharib Shahi MH, Kordi R. Low back pain status of female university students in relation to different sport activities. *Eur Spine J.* 2016; 25(4):1196–203.
28. Silva Dorta H. Relationship between the ischiotibial and paravertebral muscles and low back pain. *Coluna/ Columna.* 2016; 15(3): 241–3.

29. Gómez-Pérez L, López-Martínez AE, Ruiz-Párraga GT. Psychometric properties of the spanish version of the Tampa Scale for Kinesiophobia (TSK). *J Pain*. 2011; 12(4):425–35.
30. Kim M, Guilfoyle MR, Seeley HM, Laing RJC. A modified Roland-Morris disability scale for the assessment of sciatica. *Acta Neurochir (Wien)*. 2010; 152 (9): 1549–53.
31. Smeets R, Köke A, Lin CW, Ferreira M, Demoulin C. Measures of function in low back pain/disorders: Low Back Pain Rating Scale (LBPRS), Oswestry Disability Index (ODI), Progressive Isoinertial Lifting Evaluation (PILE), Quebec Back Pain Disability Scale (QBPD), and Roland-Morris Disability Questionnaire . *Arthritis Care Res*. 2011; 63 (11): 158–73.
32. Ayala F, Sainz de Barande 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.
33. Martín-Hernández, J; Marín, P; Herrero A. 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(4):152–7.
34. Butler DS. *Movilización del Sistema nervioso*. 2 ed. Badalona: Editorial Paidotribo; 2009.
35. Ayala F., Sainz de Baranda. CA. El entrenamiento de la flexibilidad: técnicas de estiramiento. *Rev Andal Med Deport*. 2013; 6 (1):30–7.
36. 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.
37. 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.
38. Castellote-Caballero, Y Valenza, M. Puentedura, E. 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 (1):1–8.

## 9. ANEXOS

### ANEXO 1: Cuestionario

## CUESTIONARIO

Por favor, lea cuidadosamente cada una de las preguntas y marque una sola respuesta.

Marque con una X la respuesta correcta:

**Género:** Hombre ( ) Mujer ( )

**Edad:**

**Especialidad:** Velocidad ( ) Fondo ( ) Medio-fondo ( ) Vallas ( )

Salto ( ) Lanzamientos ( )

**Número de horas aproximadas de entrenamiento semanales:**

**Años como practicante de atletismo:**

A continuación se le realizan una serie de preguntas sobre su dolor en la zona lumbar y/o miembro inferior.

**1. ¿Alguna vez o actualmente a lo largo de su vida atlética ha sentido dolor en la zona lumbar y/o miembro inferior?**

Sí ( ) No ( )

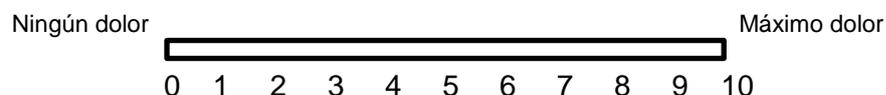
Si la respuesta anterior ha sido "Sí", continúe leyendo, de lo contrario, pase a la pregunta 2.

1.1. Marque la casilla correcta en cuanto a su dolor:

Siento dolor actualmente ( )

He sentido dolor alguna vez a lo largo de mi vida atlética ( )

1.2. Por favor, comenzando por la izquierda de la siguiente barra, trace una línea hacia la derecha indicando la intensidad de su DOLOR DE ESPALDA (DOLOR LUMBAR)



1.3. Ahora, haga lo mismo indicando la intensidad de su DOLOR EN LA PIERNA.



**Acerca del dolor antes mencionado, rodee la respuesta con la que se sienta identificado:**

**Estar de pie:**

- 1) Puedo estar de pie tanto tiempo como quiera sin que aumente el dolor
- 2) Puedo estar de pie tanto tiempo como quiera pero me aumenta el dolor
- 3) El dolor me impide estar de pie más de una hora
- 4) El dolor me impide estar de pie más de media hora
- 5) El dolor me impide estar de pie más de 10 minutos
- 6) El dolor me impide totalmente estar de pie

**Caminar:**

- 1) El dolor no me impide andar
- 2) El dolor me impide andar más de 1 kilómetro
- 3) El dolor me impide andar más de 500 metros
- 4) El dolor me impide andar más de 250 metros
- 5) Sólo puedo andar con bastón o muletas
- 6) Permanezco en cama casi todo el tiempo

**Estar sentado:**

- 1) Puedo estar sentado en cualquier tipo de silla todo el tiempo que quiera
- 2) Puedo estar sentado en mi silla favorita el tiempo que quiera
- 3) El dolor me impide estar sentado más de una hora
- 4) El dolor me impide estar sentado más de media hora
- 5) El dolor me impide estar sentado más de 10 minutos
- 6) El dolor me impide estar sentado

**A continuación, marque con una X la respuesta con la que se encuentre más identificado:**

Me duele la pierna casi todo el tiempo ( )

Cambio de posición con frecuencia para que mi pierna esté cómoda ( )

Sólo estoy de pie por periodos cortos debido a mi dolor de pierna ( )

Debido a mi dolor en la pierna, hago menos de las tareas que suelo hacer (por ejemplo entrenamientos) ( )

Me cuesta ponerme los calcetines debido a mi dolor de espalda ( )

**En cuanto a su dolor, indique cuán difícil resultan para usted las siguientes cuestiones, siendo**

**0 una dificultad extrema o incapacidad para realizar la actividad, y 5 sin dificultad**

1. Correr sobre una superficie lisa	0	1	2	3	4	5
2. Correr sobre una superficie inestable o irregular	0	1	2	3	4	5
3. Girar bruscamente mientras corre rápido	0	1	2	3	4	5
4. Saltar	0	1	2	3	4	5
5. Agacharse/ Ponerse de cuclillas	0	1	2	3	4	5

**2. ¿Alguna vez o actualmente ha sufrido una lesión en la zona lumbar y/o el miembro inferior?**

Sí ( )

No ( )

Si la respuesta anterior ha sido "Sí", continúe leyendo, de lo contrario, pase a la pregunta 3.

**Indique hasta qué punto los siguientes aspectos ocurren en su caso, siendo**

**1 totalmente en desacuerdo, y 4 totalmente de acuerdo:**

1. Tengo miedo de lesionarme si hago ejercicio físico	1	2	3	4
2. Tener dolor siempre quiere decir que en el cuerpo hay una lesión.	1	2	3	4
3. Tengo miedo a lesionarme sin querer.	1	2	3	4
4. El dolor me dice cuándo debo parar la actividad para no lesionarme.	1	2	3	4
5. Nadie debería hacer ejercicio físico cuando tiene dolor.	1	2	3	4
6. Si me dejara vencer por el dolor, el dolor aumentaría.	1	2	3	4

**3. ¿Realiza estiramientos musculares habitualmente durante el entrenamiento?**

- Sí, solo antes
- Sí, solo después
- Sí, antes y después
- No, nunca

Si la respuesta anterior incluye un "Sí", continúe leyendo, de lo contrario, finalice el cuestionario.

**¿Qué musculatura estira habitualmente?**

- Isquiotibiales
- Cuádriceps
- Ambas

**4. ¿Ha sufrido alguna vez una lesión en la musculatura isquiotibial?**

- Sí
- No

## ANEXO 2: Consentimiento informado y hoja de información al paciente

### CONSENTIMIENTO INFORMADO

**TÍTULO DEL ESTUDIO: ESTUDIO ANALÍTICO EXPERIMENTAL DEL EFECTO DEL ESTIRAMIENTO DE ESTRUCTURAS NEURALES VS ESTIRAMIENTO MUSCULAR EN ATLETAS SEMI – PROFESIONALES**

**INVESTIGADOR PRINCIPAL: SARA GRIGELMO HERNÁNDEZ**

**DIRECTOR DEL TFG: ERICA RIESGO ÁLVAREZ**

**CENTROS:** Centro de Alto Rendimiento de Soria (CAEP Soria), Club Atletismo Capiscol (Burgos), Club Image FDR (Burgos), Club Caja Rural Atlético Salamanca (Salamanca), Facultad de Fisioterapia del Campus de Soria, Universidad de Valladolid.

D./Dña. \_\_\_\_\_

(Nombre y apellidos del paciente en MAYÚSCULAS)

He leído y comprendido la hoja de información que se me ha entregado sobre el estudio arriba indicado.

He recibido suficiente información sobre el estudio.

He realizado todas las preguntas que he precisado sobre el estudio.

He hablado con la estudiante de grado de fisioterapia **SARA GRIGELMO HERNÁNDEZ** y con la directora del estudio y fisioterapeuta **ERICA RIESGO ÁLVAREZ** con quien he clarificado las posibles dudas.

Comprendo que mi participación es voluntaria.

Comprendo que puedo retirarme del estudio:

- Cuando quiera
- Sin dar explicaciones

- Sin que repercuta en mis cuidados médicos

Comprendo que la información personal que aporte será confidencial y no se mostrará a nadie sin mi consentimiento.

Comprendo que mi participación en el estudio implica \_\_\_\_\_.

Y presto libremente mi conformidad para participar en el estudio.

Firma de los investigadores

Firma del participante

Fecha \_\_\_\_\_

**REVOCACIÓN DEL CONSENTIMIENTO:**

Yo, D./Dña. \_\_\_\_\_  
retiro el consentimiento otorgado para mi participación en el estudio arriba citado.

Fecha y firma:

**HOJA DE INFORMACIÓN AL PACIENTE**

**TÍTULO DEL ESTUDIO: ESTUDIO ANALÍTICO EXPERIMENTAL DEL EFECTO DEL ESTIRAMIENTO DE ESTRUCTURAS NEURALES VS ESTIRAMIENTO MUSCULAR EN ATLETAS SEMI – PROFESIONALES.**

**INVESTIGADOR PRINCIPAL: SARA GRIGELMO HERNÁNDEZ. ESTUDIANTE DE GRADO DE FISIOTERAPIA**

**Directora del estudio: ERICA RIESGO ÁLVAREZ. Fisioterapeuta.**

**CENTROS:** Centro de Alto Rendimiento de Soria (CAEP Soria), Club de Atletismo Capiscol (Burgos), Club Image FDR (Burgos), Club Caja Rural Atlético Salamanca (Salamanca), Facultad de Fisioterapia del Campus de Soria, Universidad de Valladolid.

## **INTRODUCCIÓN**

Nos dirigimos a usted para informarle sobre un estudio de investigación en el que se le invita a participar. El estudio respeta la normativa vigente.

Nuestra intención es proporcionarle información adecuada y suficiente para que pueda evaluar si quiere o no participar en el estudio. Para ello lea con atención esta hoja informativa y luego podrá preguntar cualquier duda que le surja relativa al estudio.

## **PARTICIPACIÓN VOLUNTARIA**

Debe saber que su participación en este estudio es voluntaria y puede decidir no participar. En caso de que decida participar en el estudio puede cambiar su decisión y retirar su consentimiento en cualquier momento, sin que por ello se altere la relación con el servicio y sin que se produzca perjuicio alguno en su tratamiento.

## **DESCRIPCIÓN GENERAL DEL ESTUDIO**

Evaluar el grado de estiramiento de los músculos isquiotibiales en atletas semi-profesionales tras realizar un estudio intervencional con sólo estiramiento muscular o con estiramiento muscular combinado con estiramiento de estructuras neurales.

## **BENEFICIOS Y RIESGOS DERIVADOS DE SU PARTICIPACIÓN EN EL ESTUDIO**

### **Beneficios de la participación en el estudio.**

Reducir la tensión de los músculos isquiotibiales para prevenir al atleta de posibles lesiones por acortamiento y así conseguir el máximo rendimiento del deportista.

### **Riesgos de la participación en el estudio.**

No existe ningún tipo de riesgo por su participación.

## **CONFIDENCIALIDAD**

Reglamento (UE) 2016/679 del Parlamento Europeo y del Consejo, de 27 de abril de 2016, relativo a la protección de las personas físicas en lo que respecta al tratamiento de datos personales y a la libre circulación de estos datos y por el que se deroga la Directiva 95/46/CE.