

*Nafarroako
Unibertsitate
Publikoa*



Universidad
Pública de
Navarra

**FACULTAD DE CIENCIAS DE LA SALUD
Curso 2016-2017**

TRABAJO DE FIN DE GRADO

GRADO EN FISIOTERAPIA

**EL FOAM ROLLER COMO
HERRAMIENTA DE PREVENCIÓN DE
LA LESIÓN DE ISQUIOTIBIALES EN
FUTBOLISTAS AMATEURS**

Autora: Laurianne Bonjour

Director: Juan Luis Paredes Jiménez

TUDELA, MAYO DE 2017

Convocatoria de la defensa: 16/06/2017

RESUMEN

Marco conceptual: El Foam Roller (FR) es un rodillo de goma-espuma rígido que permite ejecutar la técnica de auto-liberación miofascial. Estudios recientes indican que permite mejorar la flexibilidad a corto plazo pero aún está por demostrar su efecto sobre flexibilidad y capacidad contráctil a largo plazo así como su función en la prevención de lesiones deportivas.

Objetivos: Determinar si el FR puede considerarse una herramienta para la prevención de la lesión de isquiotibiales.

Metodología: Dieciocho futbolistas amateurs sanos (18-33 años) realizaron dieciocho sesiones de FR, siguiendo dos protocolos de intervención (FR en cuádriceps o cuádriceps + isquiotibiales). La flexibilidad de los isquiotibiales, la flexibilidad del recto anterior del cuádriceps y el ratio ISQ/Q, como factores de riesgo de la lesión de isquiotibiales, fueron examinados antes y después de la intervención de seis semanas .

Resultados: Después de la intervención, se observa un aumento significativo ($p < 0.05$) en la flexibilidad de los isquiotibiales medida con SLR en ambos grupos (+12.78% grupo ISQ+Q, +10.62% grupo Q). Los cambios en la flexibilidad del cuádriceps medida con TTM y en el ratio ISQ/Q no son significativos.

Conclusiones: La aplicación del FR durante seis semanas permite incrementar la flexibilidad de los isquiotibiales pero no tiene efecto significativo sobre la flexibilidad del cuádriceps y los desbalances musculares por lo que su uso como herramienta para la prevención de la lesión de isquiotibiales queda por demostrar.

Palabras clave: "Foam-Roller"; "Flexibilidad"; "Desbalances musculares"; "Isquiotibiales"; "Prevención".

ABSTRACT

Background: The Foam Roller (FR) is a dense foam cylinder which is postulated to be a form of self-myofascial release. Previous studies indicate that FR can acutely increase flexibility but so far, we don't know if FR can enhance joint range of motion (ROM) and force production and if it is able to reduce the risk of sports-related injuries.

Purpose: To investigate the accuracy of this tool as a method of prevention of hamstrings strain injuries.

Methodology: Eighteen amateur football players (18-33 years) took part in two eighteen sessions' trials of foam rolling (FR on quadriceps or on quadriceps + hamstrings). Hamstrings flexibility, rectus femoris extensibility and muscle strength ratio (ISQ/Q) were assessed before and after a research protocol of six weeks as they are all hamstring strain injury risk factors.

Results: After the rolling protocol, a significant increase ($p < 0.05$) in hamstrings flexibility is observed in both groups (+12.78% ISQ+Q group and +10.62% Q group) when measuring with SLR whereas there were no significant changes in rectus femoris extensibility, when measuring with TTM, and in muscle strength ratio (ISQ/Q).

Conclusions: The results of this study suggest that foam rolling during six weeks may be an effective intervention for enhancing hamstrings flexibility. However, there were no significant changes in rectus femoris extensibility and muscle strength imbalances so the use of FR as a tool for hamstrings strain injuries prevention is not obvious.

Keywords: "Foam-Roller"; "Flexibility"; "Muscle imbalances"; "Hamstrings"; "Prevention".

ÍNDICE DE CONTENIDOS

1. JUSTIFICACIÓN DEL TRABAJO	1
2. MARCO CONCEPTUAL	3
2.1 ¿QUÉ ES EL FOAM ROLLER?	3
2.2 BENEFICIOS DEL FOAM ROLLER	3
2.2.1 Mejora a corto plazo de la flexibilidad	3
2.2.2 Mantenimiento a corto plazo del rendimiento deportivo	4
2.2.3 Efecto a corto plazo sobre el dolor muscular de aparición tardía (DMAT)	5
2.2.4 Mejora a largo plazo de la flexibilidad	5
2.2.5 Efecto a largo plazo sobre el equilibrio	6
2.2.6 Otros efectos	6
2.3 ¿CÓMO SE USA EL FOAM ROLLER?	7
2.4 ¿QUÉ ES LA TÉCNICA DE LIBERACIÓN MIOFASCIAL?	8
2.4.1 La fascia	8
2.4.2 Mecanismos de acción	9
2.4.2.1 Acciones mecánicas	9
2.4.2.2 Acciones neurofisiológicas	10
2.5 GENERALIDADES ACERCA DE LA MUSCULATURA ISQUIOSURAL	11
2.5.1 Recordatorio anatómico	11
2.5.2 Fisiología de los isquiosurales	12
2.5.3 Características biomecánicas de los isquiosurales	13
2.6 LESION DE LA MUSCULATURA ISQUIOSURAL EN EL DEPORTE	15
2.6.1 Epidemiología	15
2.6.2 Mecanismo lesional	16
2.6.2.1 Lesiones por tracción	16
2.6.2.2 Lesiones por sobreestiramiento	18

2.6.3	Clasificación / grados de lesión	19
2.6.4	Factores de riesgo	20
3.	HIPÓTESIS Y OBJETIVOS	25
3.1	HIPÓTESIS	25
3.2	OBJETIVOS	26
3.2.1	Objetivos principales	26
3.2.2	Objetivos secundarios	26
4.	METODOLOGÍA	27
4.1	SUJETOS	27
4.1.1	Criterios de inclusión	27
4.1.2	Criterios de exclusión	27
4.1.3	Consentimiento informado y derecho a la información	29
4.2	PROTOCOLO DE INTERVENCIÓN	29
4.2.1	Auto-liberación miofascial en cuádriceps	30
4.2.2	Auto-liberación miofascial en isquiotibiales	31
4.3	MÉTODOS DE VALORACIÓN	33
4.3.1	Material	33
4.3.2	Análisis de fuerza del cuádriceps y de los isquiotibiales de la pierna dominante con dinamómetro de mano	33
4.3.2.1	Fuerza concéntrica del cuádriceps	35
4.3.2.2	Fuerza excéntrica de los isquiotibiales	35
4.3.3	Análisis cinematográfico de la flexibilidad del recto anterior del cuádriceps y de los isquiotibiales de la pierna dominante	36
4.3.3.1	Flexibilidad del recto anterior del cuádriceps (TTM)	37
4.3.3.2	Flexibilidad de los isquiotibiales (SLR)	39

5. RESULTADOS	42
5.1 ANÁLISIS DESCRIPTIVO	43
5.1.1 Asistencia durante el periodo de intervención con Foam Roller	43
5.1.2 Flexibilidad de los isquiotibiales (SLR)	44
5.1.3 Flexibilidad del recto anterior (TTM)	45
5.1.4 Fuerza excéntrica de los isquiotibiales de la pierna dominante	46
5.1.5 Fuerza concéntrica del cuádriceps de la pierna dominante	47
5.1.6 Ratio ISQ/Q como indicador del desbalance muscular agonista-antagonista de la pierna dominante	48
5.2 ANÁLISIS ESTADÍSTICO	49
5.2.1 Datos demográficos y antropométricos	50
5.2.2 Asistencia durante el periodo de intervención con Foam Roller	51
5.2.3 Flexibilidad de los isquiotibiales (SLR)	52
5.2.4 Flexibilidad del recto anterior (TTM)	57
5.2.5 Ratio ISQ/Q como indicador del desbalance muscular agonista-antagonista	62
6. DISCUSIÓN	66
7. CONCLUSIÓN	76
8. AGRADECIMIENTOS	78
9. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS	80
10. ANEXOS	87
10.1 ANEXO 1: PROTOCOLO DE ESTIRAMIENTOS PASIVOS	87
10.2 ANEXO 2: PROTOCOLOS DE USO DEL FOAM ROLLER	88
10.3 ANEXO 3: FOAM ROLLERS UTILIZADOS DURANTE LA INTERVENCIÓN	88
10.4 ANEXO 4: CONSENTIMIENTO INFORMADO	89

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1: Datos demográficos y antropométricos de los participantes -----	28
Tabla 2: Protocolo de intervención -----	32
Tabla 3: Análisis descriptivo de la asistencia durante el periodo de intervención con FR -----	43
Tabla 4: Análisis descriptivo de la flexibilidad de los isquiotibiales (SLR)-----	44
Tabla 5: Análisis descriptivo de la flexibilidad del recto anterior (TTM) -----	45
Tabla 6: Análisis descriptivo de la fuerza excéntrica de los isquiotibiales-----	46
Tabla 7: Análisis descriptivo de la fuerza concéntrica del cuádriceps -----	47
Tabla 8: Análisis descriptivo del ratio ISQ/Q-----	48
Tabla 9: Prueba de Kolmogorov-Smirnov y prueba t-student para los datos demográficos y antropométricos de los participantes al inicio del estudio -----	50
Tabla 10: Prueba de Kolmogorov-Smirnov y prueba t-student para la asistencia durante el periodo de intervención con Foam Roller-----	51
Tabla 11: Prueba de Kolmogorov-Smirnov y prueba t-student para la flexibilidad de los isquiotibiales pre y post-----	52
Tabla 12: Prueba de Kolmogorov-Smirnov y prueba t-student para la flexibilidad de los isquiotibiales según el grupo de intervención -----	56

Tabla 13: Prueba de Kolmogorov-Smirnov y prueba t-student para la flexibilidad del recto anterior del cuádriceps pre y post -----57

Tabla 14: Prueba de Kolmogorov-Smirnov y prueba t-student para la flexibilidad del recto anterior del cuádriceps según el grupo de intervención -----61

Tabla 15: Prueba de Kolmogorov-Smirnov y prueba t-student para el ratio ISQ/Q pre y post-intervención-----62

Tabla 16: Prueba de Kolmogorov-Smirnov y prueba t-student para el ratio ISQ/Q según el grupo de intervención -----65

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1: Durante la fase de balanceo, los isquiosurales se activan y estiran simultáneamente (ΔL : cambios de longitud), absorbiendo la energía del miembro inferior y creando unas condiciones óptimas para la lesión. -----17

Figura 2: Variación del pico de estiramiento de la unidad musculo-tendón del bíceps femoral (arriba) y del trabajo negativo muscular (abajo) en relación con la variación de la velocidad de carrera.-----18

Figura 3: Diagrama de flujo que muestra la selección de los participantes en el estudio. -28

Figura 4: Posición inicial (A) y final (B) del protocolo de auto-liberación miofascial en cuádriceps.-----31

Figura 5: Posición inicial (A) y final (B) del protocolo de auto-liberación miofascial en isquiotibiales. -----31

Figura 6: Métodos de valoración. Fuerza concéntrica del cuádriceps con dinamómetro de mano (A); Fuerza excéntrica de los isquiotibiales con dinamómetro de mano (B); Flexibilidad del recto anterior del cuádriceps mediante TTM (C); Flexibilidad de los isquiotibiales mediante SLR (D). -----41

1. JUSTIFICACIÓN DEL TRABAJO

Desde siempre el deporte ha formado parte de mi vida. Le dedico la mayor parte de mi tiempo libre pero también de mi vida laboral. Con 22 años, competía en ciclismo de carretera en un equipo de categoría élite del País vasco a la vez que empezaba a trabajar como monitora en un gimnasio privado y en las piscinas municipales de Vitoria-Gasteiz. Poco después, colaboraba con el equipo ciclista profesional Euskaltel-Euskadi, cubriendo con ellos tres Tour de Francia como persona encargada de las relaciones públicas. Y desde hace cuatro años, presto mis servicios como "masajista-fisioterapeuta" a un equipo de fútbol que compite en la Liga Primera Autonómica de Navarra al mismo tiempo que velo por la seguridad de los nadadores del Centro Termolúdico de Cascante.

Por lo tanto, la idea de desarrollar un Trabajo Fin de Grado relacionado con el deporte surgió de forma muy natural y era bastante evidente que la plantilla del primer equipo del C.D. Aluvión de Cascante iba a ser mi población de estudio.

Siendo conocedora de la alta incidencia de la lesión de los isquiosurales en el ámbito del fútbol quise encaminar mi proyecto de investigación hacia la prevención de este tipo de lesiones que suelen conllevar largos periodos de baja deportiva y que además pueden afectar al posterior rendimiento de los jugadores. El objetivo era el propio del estudio, que veremos más adelante, pero también el de introducir a mis jugadores en un nuevo método de prevención, fácil de llevar a cabo, que les pudiera beneficiar, si es que los resultados fuesen positivos.

Inicialmente, pensaba realizar un estudio comparativo entre dos tipos de estiramientos, la Facilitación Neuromuscular Propioceptiva (FNP) y los estiramientos pasivos, para determinar su capacidad respectiva de mejorar la flexibilidad de la musculatura involucrada en las lesiones de los isquiotibiales.

Entonces, llevaba algunos meses utilizando, después de mis sesiones de entrenamiento en el gimnasio, un Foam Roller, o rulo de goma espuma de alta densidad, con el cual me parecía que mis músculos se recuperaban antes del dolor post-ejercicio y que estaban más relajados. Leyendo artículos, no científicos en un principio, vi que presentaban al

Foam Roller como una herramienta que permitía mejorar la flexibilidad, reducir el dolor muscular de aparición tardía, favorecer la recuperación, etc... y pensé que sería interesante comprobar si el Foam Roller era una herramienta capaz de actuar sobre distintos factores de riesgo de la lesión de los isquiosurales como pueden ser la falta de flexibilidad e incluso los desbalances musculares agonista-antagonista acerca de los cuales no había encontrado información.

Al ser el Foam Roller un material de recién aparición en el mercado, no había muchos estudios disponibles ni mucha evidencia científica acerca de sus beneficios o recomendaciones de uso por lo me pareció atractivo trabajar sobre un tema del cual queda mucho por investigar.

Además, el Foam Roller permite ejecutar la técnica conocida como auto-liberación miofascial y en este sentido el enfoque del trabajo encajaba perfectamente con la temática propuesta por mi director de trabajo, titulada "Técnicas fasciomioneurales".

Una vez elegido el tema de mi trabajo y siguiendo los consejos de mi tutor, decidí restringir mi estudio a dos de los más importantes factores de riesgo de la lesión de los isquiosurales sobre los cuales podemos actuar, esto es la falta de flexibilidad, tanto de la musculatura isquiotibial como del recto anterior del cuádriceps, y el desbalance muscular entre isquiosurales y cuádriceps, valorado a través del ratio ISQ/Q, para el cual iba a necesitar medir la fuerza de ambos músculos.

2. MARCO CONCEPTUAL

2.1 ¿QUÉ ES EL FOAM ROLLER?

El Foam Roller es un rodillo de goma-espuma rígido, que permite ejecutar la técnica conocida como auto-liberación miofascial o foam rolling, utilizando nuestro propio peso, para “rodar” por la zona de nuestro cuerpo que pretendamos “masajear”. Actualmente en el mercado, existen Foam Rollers de diferentes tamaños (variedad de longitudes pero también de diámetros), formas (lisos o con salientes) y durezas, dependiendo del uso diario que le vayamos a dar y de las necesidades de cada persona.

Es una herramienta que procede del mundo de la rehabilitación de lesiones y se ha abierto paso en los últimos años hasta formar parte de los entrenamientos de muchos deportistas. El Foam Roller es muy sencillo de transportar, pesa poco, es económico y se puede aplicar en cualquier sitio. Se usa generalmente en dos momentos clave: antes de la sesión de entrenamiento o de la competición con el objetivo de activar la musculatura y mejorar el rango de movimiento articular (ROM) y después para reducir el dolor muscular y facilitar la recuperación.

Podríamos considerar el foam rolling como una pseudo-técnica terapéutica aplicada por uno mismo. El Foam Roller está indicado para la musculatura y el tejido conectivo que se encuentra alrededor de las articulaciones y permite realizar un auto-masaje en distintas zonas del cuerpo e incluso en músculos de difícil acceso por uno mismo como pueden ser los glúteos, los gemelos o la cintilla iliotibial. Su auto-aplicación permite al deportista controlar la presión ejercida sobre el músculo y localizar y enfatizar el trabajo en dicha área que causa mayor dolor.

2.2 BENEFICIOS DEL FOAM ROLLER

2.2.1 Mejora a corto plazo de la flexibilidad

Históricamente, los estiramientos han sido la técnica más utilizada para mejorar la flexibilidad de los deportistas a corto plazo, justo antes de una sesión de entrenamiento o de una competición. Este afán de incrementar la flexibilidad previamente a un esfuerzo físico se justifica por el deseo de alcanzar el rango de movimiento (ROM) óptimo para el desarrollo de la máxima fuerza posible durante la realización del gesto deportivo.

El Foam Roller aparece como una buena alternativa a los estiramientos estáticos: múltiples estudios han demostrado que la auto-liberación miofascial permite incrementar la flexibilidad de la musculatura a corto plazo (1–3). Esta ganancia se mantiene hasta diez minutos después de la aplicación del Foam Roller (2,4–6).

A día de hoy, no se ha identificado ninguna relación dosis-efecto clara (3,7) por lo que no hay un tiempo de aplicación ni un número de tandas a realizar bien definidos.

En cuanto a la localización del tratamiento, distintos trabajos han demostrado que el Foam Roller no tiene porqué aplicarse necesariamente en la musculatura adyacente a la articulación para la cual queremos incrementar el rango de movilidad. Así es como Grieve et al. (7) ha registrado un incremento de la flexibilidad de los isquiotibiales al realizar una técnica de auto-liberación miofascial a nivel de la planta del pie y Cho et al. (3) ha obtenido un resultado similar al intervenir a nivel de la musculatura suboccipital. Estos resultados pueden encontrar una explicación en el hecho de que la fascia no tiene origen ni inserción; es un continuo que envuelve a todas las estructuras anatómicas y cualquier cambio estructural de la fascia en una determinada parte del cuerpo, producirá cambios en otras partes distantes.

2.2.2 Mantenimiento a corto plazo del rendimiento deportivo

Los estiramientos estáticos han sido el método de entrenamiento más popular para conseguir un mayor ROM tanto a corto como a largo plazo. Sin embargo, en los últimos cinco años, varios estudios han demostrado que los estiramientos estáticos, sobre todo cuando son mantenidos más de 45", conllevan una disminución del rendimiento deportivo a corto plazo (8–11).

Al contrario de los estiramientos estáticos, la auto-liberación miofascial obtenida con el Foam Roller no afecta negativamente al rendimiento deportivo a corto plazo según varios estudios (1,4,12–14) en los cuales se estudiaron medidas como la fuerza máxima (isométrica o dinámica), la fuerza explosiva o la potencia anaeróbica (medida con el test anaeróbico de Wingate).

2.2.3 Efecto a corto plazo sobre el dolor muscular de aparición tardía (DMAT)

El dolor muscular de aparición tardía (DMAT), coloquialmente llamado agujetas, afecta a todo aquel que practique alguna actividad física, bien sea de forma inhabitual o de forma habitual pero a alta intensidad. Muchos son los que renuncian a cualquier tipo de esfuerzo físico mientras padecen agujetas y buscan un tratamiento médico o fisioterápico para aliviar sus dolencias. Sin embargo, la literatura existente aboga por el ejercicio como la mejor opción para acabar con las agujetas y asegura que diferentes modalidades como la crioterapia, la homeopatía, las corrientes eléctricas y los ultrasonidos son inefectivos para aliviar el DMAT (15,16).

El DMAT se valora habitualmente a través de dos mediciones: la sensación subjetiva de dolor muscular (en reposo o en movimiento) mediante una Escala Visual Analógica (EVA) y el dolor a la palpación refiriéndose al umbral de dolor a la presión.

Estudios muy recientes (5,17,18) han demostrado que la auto-liberación miofascial puede reducir la sensación subjetiva de dolor muscular e incrementar el umbral de dolor a la presión en un contexto de DMAT en las primeras 48 horas después de la actividad física.

2.2.4 Mejora a largo plazo de la flexibilidad

Hemos explicado anteriormente el interés para mejorar la flexibilidad inmediatamente antes de la actividad física para alcanzar un ROM óptimo pero determinadas disciplinas deportivas como la gimnasia, el atletismo, la escalada, etc...requieren también de una mayor flexibilidad, esta vez a largo plazo.

Los estudios disponibles acerca del efecto del Foam Roller sobre la flexibilidad a largo plazo son contradictorios (19,20), si bien es cierto que Junker y Stöggel (21) encontraron cambios en la flexibilidad similares a los obtenidos con un programa de estiramientos PNF (Facilitación Neuromuscular Propioceptiva) en una intervención realizada a lo largo de cuatro semanas.

Se necesitan más estudios para demostrar que el Foam Roller puede ayudar a la ganancia de flexibilidad pero de ser así, podemos pensar que el Foam Roller podría convertirse en una herramienta útil para corregir determinadas alteraciones posturales causadas por grupos musculares acortados o debido a la existencia de desequilibrios musculares agonistas-antagonistas.

2.2.5 Efecto a largo plazo sobre el equilibrio

A día de hoy, la evidencia acerca del efecto del Foam Roller sobre el equilibrio o la propiocepción es mínima: tan sólo un estudio (22) ha valorado el efecto de la liberación miofascial sobre el equilibrio en pacientes con daño cerebral en fase crónica, obteniendo éstos una mejor puntuación en la Escala de Equilibrio de Berg. Ningún estudio ha valorado el efecto del Foam Roller en personas sanas por lo que se necesitan más intervenciones para poder afirmar que el Foam Roller mejora el equilibrio o la propiocepción.

2.2.6 Otros efectos

Además de mejorar la flexibilidad (tanto a corto plazo inmediatamente antes del ejercicio como a largo plazo) y reducir el dolor muscular de aparición tardía, el Foam Roller es presentado a menudo como una herramienta que favorece la recuperación, esto es la capacidad de disipar los signos de fatiga inherentes a la práctica deportiva.

La auto-liberación miofascial mejora la rigidez arterial, mejora la función endotelial, reduce los niveles de cortisol post-ejercicio, aumenta la actividad parasimpática y reduce la actividad simpática lo que acelera los procesos de recuperación muscular (23,24).

La acción mecánica del Foam Roller sobre el área de aplicación produce, al igual que un masaje clásico, una vasodilatación y su consecuente hiperemia. Esta vasodilatación local pasa a ser regional llegando a producir un aumento del flujo sanguíneo al corazón. Al mismo tiempo, aumenta la saturación de oxígeno en sangre, permitiendo un mejor intercambio de nutrientes y la retirada de los productos de deshecho circulantes provocados por el metabolismo celular y agrandado por el estrés físico.

2.3 ¿CÓMO SE USA EL FOAM ROLLER?

La técnica de auto-liberación miofascial con el Foam Roller se ha de realizar en el suelo con el sujeto tumbado encima del rodillo de espuma. Se coloca el Foam Roller debajo del grupo muscular a tratar y el sujeto desplaza lentamente su cuerpo en la misma dirección que las fibras musculares, haciendo rodar la zona diana sobre él.

El sujeto es el que controla la presión aplicada ya que es el propio peso corporal el que ejerce la presión sobre el rodillo. Los primeros días de uso, seremos bastante conservadores con la aplicación de la presión y, con el paso del tiempo, podremos ir incrementando esta variable, reduciendo cada vez más los apoyos en el suelo.

No existe un protocolo de uso bien definido pero sí una serie de recomendaciones por parte de los fabricantes y de los profesionales de la salud y del fitness que acostumbran a usarlo. Éstos recomiendan tratar primero los puntos gatillo que el sujeto reconocerá por ser una parte especialmente sensible del músculo. Sobre estos puntos, se aplicará una presión continua, manteniéndola entre 30 y 90", para a continuación "rodar" lentamente y de manera más extensa, abarcando todo el segmento, en un sentido y en el sentido contrario, durante 1-2'.

Hay que tener en cuenta que el Foam Roller sólo se debe aplicar en zonas musculares sin llegar a trabajar tendones, articulaciones ni superficies óseas. Tampoco es recomendable aplicarlo en zonas muy dolorosas y no se debe usar en caso de rotura fibrilar.

La mayoría de las personas se pueden beneficiar de la auto-liberación miofascial con el Foam Roller pero éste está contra-indicado en sujetos con insuficiencia cardiaca congestiva, insuficiencia renal, trastornos hemorrágicos o enfermedades cutáneas contagiosas (25).

Como hemos visto anteriormente, existe evidencia que sugiere que el Foam Roller puede ayudar a mejorar el rango de movimiento (ROM) y por esta razón puede ser una buena idea incluirlo como parte del calentamiento antes de hacer ejercicio. De la misma manera, se ha demostrado que sirve para reducir la sensación de dolor muscular de aparición tardía (DMAT) por lo que se puede utilizar también después de realizar ejercicio.

2.4 ¿QUÉ ES LA TÉCNICA DE LIBERACIÓN MIOFASCIAL?

La técnica de liberación miofascial es una técnica que busca solucionar posibles problemas en el sistema miofascial.

2.4.1 La fascia

La fascia es un conjunto de membranas de tejido conjuntivo fibroso, elástico y compacto que envuelve los músculos, los órganos y en general todas las estructuras anatómicas. Este tipo de tejido es el más abundante del cuerpo humano, representando el 16% del peso de una persona.

La fascia está íntimamente ligada al músculo por lo que cada contracción muscular moviliza el sistema fascial y cada restricción del sistema fascial afecta al funcionamiento correcto del sistema muscular.

La fascia no tiene ni origen ni inserción. Tiene una distribución tridimensional y su configuración es muy similar a la de una telaraña densamente tejida. Puede tener diferente espesor pero habitualmente es fina, casi transparente.

La fascia esta mínimamente vascularizada pero altamente inervada por lo que puede volverse dolorosa. Además, posee una densa población de mecanorreceptores como los órganos tendinosos de Golgi y otros receptores intrafasciales como los corpúsculos de Pacini, los órganos de Ruffini y las terminaciones de fibras sensitivas tipo III y IV.

La fascia está compuesta por colágeno (proteína que le asegura fuerza y protección frente a los estiramientos excesivos), elastina (proteína que le proporciona elasticidad en zonas específicas como tendones, piel, arterias) y un gel polisacárido (sustancia fundamental rica en agua que rellena el espacio entre las fibras de colágeno y elastina y que, en condiciones normales, absorbe los cambios compresivos de las fuerzas y distribuye la presión por todo el cuerpo de manera simétrica).

El sistema fascial tiene capacidad de absorber los impactos, amortiguar las presiones y distribuir por todo el cuerpo el efecto de un movimiento o de un traumatismo gracias a las propiedades de los proteoglicanos de la sustancia fundamental que actúan como lubricantes. Esta capacidad de adaptación de la fascia permite que tanto las lesiones como el proceso de curación se puedan transmitir de una parte del cuerpo a otra.

Sin embargo, la existencia de una alteración estructural de la fascia impedirá esas conexiones. Factores endógenos (posturas viciosas, inflamación, emociones, alimentación, hormonas...) y exógenos (traumatismo, estrés repetitivo, inmovilización prolongada...) son capaces de producir una deformación de la fascia lo que conlleva a la aparición de entrecruzamientos patológicos entre las fibras de colágeno y de elastina y la consiguiente formación de adherencias.

Estas adherencias constituyen unas verdaderas restricciones del sistema miofascial lo que conlleva una pérdida de la amplitud de movimiento fisiológico, unos posibles cambios en los patrones de movimiento, unas adaptaciones compensatorias y la aparición de dolor.

Pueden aparecer además áreas de fijación miofascial que forman las conocidas bandas tensas en las que se alojan los puntos gatillo.

Se conoce que la orientación correcta de las fibras de colágeno depende de la presión y del movimiento adecuado y con la técnica de liberación miofascial, y en nuestro caso concreto con la auto-liberación miofascial con Foam Roller, se busca realizar una acción mecánica sobre la fascia con el objetivo de solucionar los posibles problemas que pudiera sufrir y que alteran el correcto funcionamiento del sistema muscular perjudicando su movimiento y su contracción.

2.4.2 Mecanismos de acción

A día de hoy, no existe un consenso general de cómo la liberación miofascial produce esas adaptaciones. Sin embargo se han investigado varias teorías y autores como Schleip y Müller (26) proponen dos tipos de acciones: mecánicas y neurofisiológicas.

2.4.2.1 Acciones mecánicas

Entre las acciones mecánicas, podemos destacar distintos modelos que justifican la mejoría en cuanto a flexibilidad:

- × Modelo de la adherencia fascial

Si las diferentes capas de la fascia están adheridas entre sí, la aplicación de una presión adecuada podría liberarlas (27,28).

× Modelo del flujo de fluidos

Determinadas áreas de la fascia pueden ver su contenido en agua reducido debido a una sollicitación inadecuada (movimientos repetitivos, sobrecarga, gesto inapropiado) y este déficit de agua conlleva una disminución de la flexibilidad. La aplicación de una fuerza externa sobre la fascia favorece la redistribución del contenido en agua y la posterior rehidratación de los tejidos (26).

× Modelos de la inflamación de la fascia

En una revisión bibliográfica realizada en 2012, Findley et al. (29) explicó que la fascia puede llegar a encogerse y perder elasticidad a consecuencia de la inflamación producida por una enfermedad o por el aumento de cargas en una zona del cuerpo. La literatura sugiere que la técnica de liberación miofascial incrementa el flujo sanguíneo y favorece la reducción de la inflamación que causa la restricción del sistema miofascial.

2.4.2.2 Acciones neurofisiológicas

Para explicar la ganancia de flexibilidad, las acciones neurofisiológicas cobran mayor importancia que las acciones mecánicas anteriormente indicadas. Se piensa que la técnica de liberación miofascial estimula los mecanorreceptores intrafasciales lo que modifica las señales aferentes que llegan al sistema nervioso central que a su vez manda una señal de relajación a la unidad motora correspondiente (30). En este caso, se acepta que la liberación miofascial no afecta a las propiedades físicas del musculo o de la fascia sino que su efecto se consigue a través de las señales nerviosas aferentes y eferentes. Así mismo, según este modelo, el tejido muscular es el responsable de la restricción y la aplicación de una fuerza externa cambia el estado del tejido muscular y no de la fascia.

A parte de la flexibilidad, hemos visto que la técnica de liberación miofascial reduce la sensación de dolor muscular de aparición tardía (DMAT). Esta disminución del dolor puede encontrar su justificación en la teoría de la compuerta o del *Gate Control* descrita por Melzack en 1965 y que afirma que la estimulación de fibras no nociceptivas, en nuestro caso mediante el Foam Roller, cierra las "puertas" al estímulo doloroso, evitando que la sensación dolorosa viaje al sistema nervioso central (31).

2.5 GENERALIDADES ACERCA DE LA MUSCULATURA ISQUIOSURAL

2.5.1 Recordatorio anatómico (32)

Los isquiosurales ocupan la parte posterior del muslo y están formados por tres músculos, de lateral a medial: el bíceps femoral (una cabeza corta y otra larga), el semitendinoso y el semimembranoso. Todos, excepto la cabeza corta del bíceps femoral, son biarticulares y cruzan la articulación de la cadera y de la rodilla. Se originan en la tuberosidad isquiática y se insertan a nivel de la cabeza del peroné y de la superficie medial y posterior de la tibia. Los tres músculos reciben inervación del nervio ciático (L5, S1, S2).

- × El bíceps femoral: la cabeza larga se origina junto al músculo semitendinoso en la parte inferomedial del área superior de la tuberosidad isquiática. La cabeza corta surge del labio lateral de la línea áspera en la diáfisis del fémur. Las dos cabezas se unen y se insertan, mediante un tendón común, en la superficie lateral de la cabeza del peroné. Las extensiones del tendón se fusionan con el ligamento colateral peroneo y alcanzan también el cóndilo lateral de la tibia.
- × El semitendinoso: se origina con la cabeza larga del bíceps femoral en la parte inferomedial del área superior de la tuberosidad isquiática. Su vientre muscular fusiforme termina en la mitad inferior del muslo y origina un tendón largo en forma de cordón que se dispone sobre el semimembranoso y desciende hasta insertarse en la superficie superior y medial de la tibia.
- × El semimembranoso: es un músculo ancho que se dispone en profundidad respecto del músculo semitendinoso. Se origina en la tuberosidad isquiática y termina en la cara posterior del cóndilo tibial medial.

La denominación genérica que se le suele dar a esta musculatura es la de isquiotibial y con menos frecuencia se la nombra como isquiosural. En este trabajo, se aceptarán ambas denominaciones aunque la denominación correcta sea la segunda, musculatura isquiosural, por englobar tanto a los músculos que se insertan en la tibia (semitendinoso y semimembranoso) como en el peroné (bíceps femoral).

Los isquiosurales tienen una acción directa sobre la cadera y la rodilla. A nivel de la cadera, realizan principalmente la extensión y, de forma secundaria, los movimientos de rotación. En cadena cinética cerrada, se llevan la pelvis en retroversión (33). A nivel de la rodilla, son los principales flexores de rodilla en cadena cinética abierta. Tienen además un papel fundamental en cuanto a la estabilidad rotatoria de la rodilla: participan en las rotaciones, externas o internas, cuando la rodilla está flexionada y protegen además los componentes articulares de la rodilla (meniscos, ligamentos).

Los isquiosurales actúan también de forma indirecta sobre el raquis, el tobillo y el pie pudiendo ser el origen de algunas lumbalgias o patologías del pie cuando muestran una rigidez excesiva.

2.5.2 Fisiología de los isquiosurales

Los isquiosurales son músculos estriados, peniformes, ricos en tejido conjuntivo denso lo cual les proporciona una rigidez pasiva que favorece el ahorro energético pero que limita de forma considerable su capacidad de extensibilidad. Esta rigidez pasiva se debe a la disposición anatómica de estos músculos y a su estructura pero podemos pensar que los estilos de vida actuales y la posición sentada prolongada (en la oficina, en la escuela, viendo la televisión...) favorece a su vez esta menor extensibilidad.

La contracción voluntaria de los músculos isquiotibiales permite, al igual que todos los músculos estriados o esqueléticos, producir un movimiento, mantener una postura, estabilizar una articulación o producir calor.

El 55% de las fibras que componen los isquiotibiales son de tipo II. Éstas utilizan la vía anaeróbica o glucolítica para sintetizar ATP. Son fibras de contracción rápida y son capaces de desarrollar de tres a cinco veces más fuerza que las fibras de contracción lenta. Sin embargo son poco resistentes a la fatiga y por lo tanto presentan un mayor riesgo de lesión (34).

Desde el punto de vista microscópico, los músculos están formados por muchas fibras musculares. Éstas son cilíndricas, alargadas y delgadas con numerosos núcleos. Su longitud varía según la propia longitud del músculo y lo mismo ocurre con su diámetro, oscilando éste entre 50 y 100 micrómetros.

Las fibras individuales están formadas por múltiples haces filamentosos que recorren toda la longitud de la fibra. Estos haces reciben el nombre de miofibrillas y tienen un diámetro de 1 a 2 micrómetros. Cada miofibrilla consta de una unidad morfofuncional que se repite y que se conoce como sarcómero. La alineación de los sarcómeros adyacentes de las miofibrillas da lugar a las estriaciones características del músculo esquelético. El sarcómero es la unidad contráctil fundamental del músculo esquelético con una longitud de 2 micrómetros y cada miofibrilla está compuesta por muchos sarcómeros (35).

Las fibras individuales están rodeadas de una capa de tejido conjuntivo denominada endomisio. Estas fibras se agrupan y están rodeadas del perimisio formando haces o fascículos. Alrededor de todo el músculo existe otra vaina de tejido conjuntivo llamada epimisio o fascia que une entre sí los distintos fascículos. El tejido conjuntivo constituye además el punto de unión entre el músculo y el esqueleto, a través del tendón de inserción.

2.5.3 Características biomecánicas de los isquiosurales

Tal y como comentamos anteriormente, la musculatura isquiosural es biarticular y transcurre a través de dos núcleos, la cadera y la rodilla, teniendo asignadas funciones opuestas en cada núcleo: en su acción concéntrica, van a actuar como extensor de la cadera, auxiliando al glúteo, pero como flexor de la rodilla.

En cuanto a su arquitectura podemos decir que están formados por fibras musculares de gran longitud (cabeza corta del bíceps femoral, 85.3 ± 5.0 mm, cabeza larga del bíceps femoral 139 ± 3.5 mm y semitendinoso 158 ± 2.0 mm, con un promedio para el conjunto de los isquiotibiales de 107 mm), lo que significa que presentan un gran número de sarcómeros en series. Esta disposición de los sarcómeros en serie afecta a las propiedades contráctiles de los músculos y hace de los isquiotibiales unos músculos de gran velocidad de acortamiento y mayor excursión o rango de trabajo (36).

Ahora, si analizamos conjuntamente la relación longitud de la fibra/ longitud muscular y otro parámetro mecánico determinante como es el Área de Sección Transversal Fisiológica (ASTF), este grupo muscular se encuentra dividido. El semitendinoso es un músculo de gran longitud de fibra pero baja ASTF (debido a un bajo ángulo de peneación

de unos 5º) por lo que su arquitectura lo coloca favorable a la velocidad de acortamiento y excursión muscular, pero con bajos niveles de fuerza. Por otro lado, el bíceps femoral es un músculo relativamente mixto con una longitud de fibra moderada y un ASTF también moderada (debido a un ángulo de peneación mayor, de unos 23º) por lo que su capacidad de generar fuerza (por su propia arquitectura) es mayor que la de su compañero el semitendinoso. Su característica biomecánica lo coloca por lo tanto en una situación de relativo riesgo ya que es el que está en condiciones de soportar la carga excéntrica de fuerza que se produce en la fase final del balanceo en la carrera, a diferencias del semitendinoso que puede activarse en forma veloz y generar una gran cantidad de movimiento pero con bajos niveles de fuerza (36).

Las diferencias arquitectónicas dentro del grupo muscular isquiotibial se correlacionan con los datos epidemiológicos, siendo el bíceps femoral el grupo más expuesto a lesiones (37).

Este dato no deja de colocar a los isquiosurales, en su conjunto, como músculos con una función tendiente a la velocidad de acortamiento al contrario de los cuádriceps con una función de generación de fuerza, de acuerdo a sus características de longitud de la fibra/ longitud muscular y ASTF.

Desde un punto de vista arquitectónico, al ser músculos peniformes, los isquiosurales, y en especial el bíceps femoral, presentan un gran número de uniones miotendinosas y miofaciales, que son zonas en las que se producen altas tasas de transferencia de fuerzas mecánicas. Si tenemos en cuenta que las zonas de transición de tejido contráctil a tejido conectivo son las zonas más plausibles de lesión, este grupo muscular presenta muchas zonas potenciales de ruptura.

2.6 LESION DE LA MUSCULATURA ISQUIOSURAL EN EL DEPORTE

2.6.1 Epidemiología

En el mundo del deporte, las lesiones musculares son muy frecuentes además de ser muy problemáticas por su alto riesgo de recidiva. Suponen más del 30% de todas las lesiones y mantienen al deportista apartado de los terrenos de juego por una duración variable, según la gravedad de la lesión, pero afecta también a su posterior rendimiento y puede incluso alterar su estado de ánimo.

Las lesiones de la musculatura isquiotibial son especialmente frecuentes en deportes en donde el sprint y las situaciones no pre-programadas como son los cambios de dirección bruscos se presentan en volúmenes altos. Estudios demuestran que las lesiones musculares de los isquiotibiales representan el 11% de todas las lesiones en el caso de la carrera a pie, el 16 al 27% de todas las lesiones en el fútbol australiano (38) y el 26% de todas las lesiones en el fútbol profesional (39).

En el estudio de Melegatti et al. (40) llevado a cabo en 2013, se observa cómo, en un grupo de treinta y seis jugadores profesionales de fútbol durante una temporada, el número de lesiones registradas fue de sesenta y cuatro, siendo la incidencia de lesiones musculares un 31.3% del total.

En el estudio de Ekstrand et al. (41) realizado en 2011 se analizó la incidencia lesional en el fútbol profesional durante varias temporadas. Se produjeron 2908 lesiones en 2299 jugadores, con un 92% de afectación de las extremidades inferiores. La musculatura isquiotibial se vio afectada en un 37% de los casos, seguida de los aductores un 23%, del cuádriceps un 19% y de los gemelos un 13%, lo que da una idea de la importancia de este grupo muscular en cuanto a lesiones en el fútbol. Según Ekstrand, un futbolista sufre una media de 0.6 lesiones musculares por temporada provocando unos tiempos de baja de 14.3 ± 14.9 días y una tasa de recidiva del 16% lo que incrementa el tiempo de baja deportiva.

Además de su alta incidencia en el ámbito deportivo, la recidiva es un problema de importancia que afecta al 25% de los deportistas, ocurriendo la recaída, en el 33% de los casos, en las dos primeras semanas después del retorno a la actividad deportiva (42). Esta recaída tan temida por el deportista, el entrenador y el cuerpo médico podría tener una doble explicación: por un lado, la ejecución de un inadecuado o incompleto protocolo de rehabilitación y por otro lado un retorno prematuro a la actividad física.

2.6.2 Mecanismo lesional

Los isquiotibiales son capaces de desarrollar grandes fuerzas, lo que tiene una importante repercusión en aquellas situaciones deportivas que impliquen aceleraciones, acciones a alta velocidad y cambios de dirección.

La literatura científica describe dos mecanismos principales que conducen a la lesión muscular (42):

- × Lesiones por tracción
- × Lesiones por sobreestiramiento

Woods et al. (37) publicó un interesante trabajo basado en el estudio de la lesión de este grupo muscular y estableció que el mecanismo lesional es en un 91% por acciones de no contacto y, dentro de este porcentaje, el 57% de las lesiones se producen en situación de sprint o carrera a altas velocidades (lesiones por tracción).

2.6.2.1 Lesiones por tracción

Los isquiosurales son particularmente vulnerables a las lesiones en los instantes finales de la fase de balanceo durante la carrera, donde hay un rápido cambio de una función de tipo excéntrico a concéntrico, cuando la pierna está desacelerando para impactar contra el suelo. En este momento, los isquiosurales se activan, estirándose y actuando excéntricamente para desacelerar la cadera, al mismo tiempo que se extiende la rodilla para preparar el contacto del talón con el suelo. El pico de fuerza excéntrico que genera esta musculatura para controlar la tibia en la última fase de balanceo de carrera puede ser demasiado elevado, y el músculo se rompe. (*Figura 1*)

Este mecanismo lesional es el que justifica en gran medida la prevalencia de esta lesión en deportes que suponen actividades como sprint, aceleraciones, desaceleraciones, rápidos cambios de dirección y saltos.

En estudios realizados por el grupo de investigación de Thelem et al. en 2006 (43) se demostró que la activación EMG del semitendinoso, semimembranoso y bíceps femoral en esta fase final del balanceo era similar pero que la magnitud del estiramiento para la porción larga del bíceps femoral era significativamente mayor (9,5%) que la sufrida por el semitendinoso (8.1%) y el semimembranoso (7.4%) lo que proporcionaba una mayor cantidad de trabajo negativo sobre el bíceps, interpretándose como un factor de riesgo lesional específico de este músculo. El mayor estiramiento músculo-tendinoso que se produce sobre la cabeza larga del bíceps femoral contribuye a que éste sea el músculo que mayor tendencia tiene a lesionarse y lo hace más comúnmente en el tercio proximal, a nivel de la unión mio-tendinosa (37).

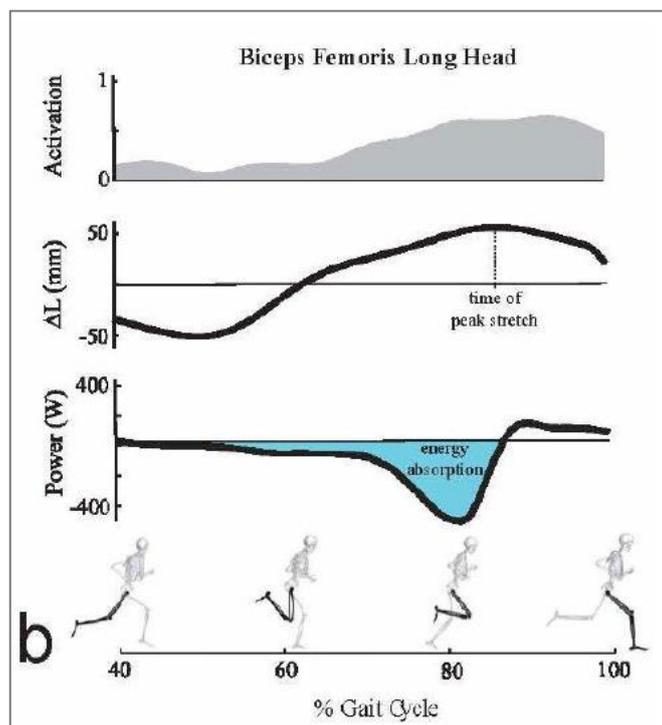


Figura 1: Durante la fase de balanceo, los isquiosurales se activan y estiran simultáneamente (ΔL : cambios de longitud), absorbiendo la energía del miembro inferior y creando unas condiciones óptimas para la lesión.

Otro dato importante es el efecto que la velocidad de carrera genera sobre la mecánica del isquiotibial. En este sentido, se valoraron en condiciones de laboratorio el pico de estiramiento de la unión miotendinosa del bíceps femoral a diferentes rangos de velocidad (80%, 85%, 90%, 95% y 100% de la velocidad máxima) observando que éste se mantiene invariante a través del rango de velocidades estudiadas (*Figura 2, arriba*). Sin embargo, el trabajo negativo de la unidad músculo-tendón realizado por el bíceps femoral se incrementa considerablemente con la velocidad, a medida que la energía inercial que debe frenar el músculo se incrementa (*Figura 2, abajo*). (43,44)

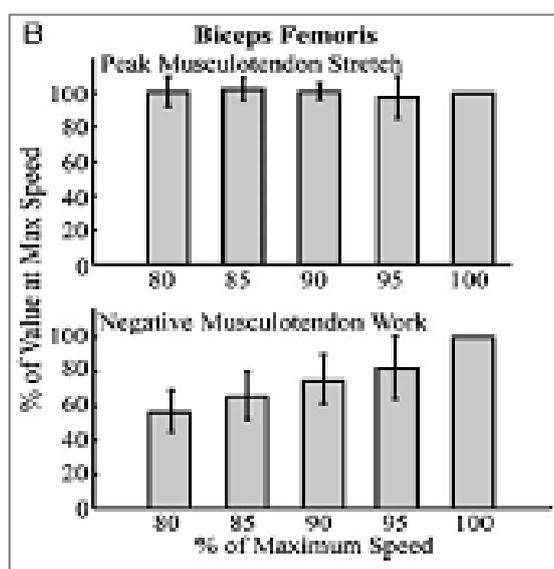


Figura 2: Variación del pico de estiramiento de la unidad músculo-tendón del bíceps femoral (arriba) y del trabajo negativo muscular (abajo) en relación con la variación de la velocidad de carrera.

2.6.2.2 Lesiones por sobreestiramiento

Por otro lado, las lesiones por sobreestiramiento suelen ir asociadas a un movimiento balístico que combina flexión de cadera y extensión de rodilla como ocurre al golpear un balón o al realizar un "développé à la seconde" en danza (patada frontal alta, típica de las danzas).

En estos casos, la lesión se localiza más comúnmente a nivel del tendón proximal del semimembranoso, junto a la tuberosidad isquiática. Inicialmente estas lesiones parecen ser menos severas que las anteriores pero son las que requieren mayores tiempos de recuperación debido a su localización, cerca de la tuberosidad isquiática.

2.6.3 Clasificación / grados de lesión

Actualmente existen varias escalas para determinar la gravedad de una lesión muscular:

- × La clasificación de Jarvinen (45) que identifica 3 grados de lesión: lesión leve, moderada y grave, basándose en el examen clínico del paciente y en su capacidad funcional.
- × La clasificación según Rodineau y Durey (46) que diferencia las lesiones en 5 estadios, numerados de 0 a 4, según la afectación del tejido muscular.
- × La clasificación establecida en 2005 por Chanussot y Danowski (47) que describe dos tipos de lesiones musculares:
 - Las **lesiones extrínsecas**, por contusión con el oponente o con un objeto. Éstas se clasifican según la gravedad en leves o benignas (grado I), moderadas (grado II) o graves (grado III). Pueden coexistir con laceración o no.
 - Las **lesiones intrínsecas**, por estiramiento, se producen por la aplicación de una fuerza tensional superior a la resistencia del tejido, cuando éste está en contracción activa (contracción excéntrica). La fuerza y la velocidad con que se aplica la tensión son variables que modifican las propiedades viscoelásticas del tejido, cambiando la susceptibilidad a la rotura. También pueden influir la fatiga local y la temperatura tisular. El deportista nota un dolor repentino, en forma de tirón o de pinchazo, y se relaciona normalmente con un sprint, un cambio de ritmo o un chut.

La clasificación de Chanussot y Danowski es la más utilizada para determinar el alcance de una lesión tanto en el sujeto deportista como en el sedentario.

La clasificación de las lesiones intrínsecas es más compleja y dentro de este tipo de lesiones, podemos distinguir dos categorías:

- Lesiones intrínsecas sin lesiones anatómicas: calambres, agujetas, contracturas.
- Lesiones intrínsecas con lesiones anatómicas: elongación o microrrotura fibrilar, rotura fibrilar, rotura muscular.

GRADO I: Elongación o microrrotura fibrilar

Alteraciones de pocas miofibrillas y poca lesión del tejido conectivo. No presenta hematoma en la ecografía.

Síntomas: dolor agudo en el momento del gesto deportivo cuando se supera la capacidad elástica del músculo pero que no obliga a detener la actividad de forma inmediata. Existe dolor al estiramiento pasivo pero no a la movilización activa del músculo.

GRADO II: Rotura fibrilar

Alteraciones de más fibras y más lesiones del tejido conectivo, con la aparición de un hematoma intramuscular.

Síntomas: dolor agudo que obliga a detener la práctica deportiva. Impotencia funcional casi total. A la palpación, dolor localizado y puntos de dolor exquisito alrededor del foco de lesión. Dolor al estiramiento y a la movilización activa. Se puede observar un hematoma.

GRADO III: Rotura muscular

Rotura importante o desinserción completa con formación de un hematoma importante y difuso en el trayecto del musculo.

Síntomas: dolor muy agudo que obliga a detener la práctica deportiva. La funcionalidad de las fibras indemnes es del todo insuficiente lo que conlleva una impotencia funcional total.

2.6.4 Factores de riesgo

Los factores de riesgo que pueden favorecer la lesión de la musculatura isquiosural se dividen en dos categorías:

- × **Factores de riesgo intrínsecos:** aquellos sobre los que no podemos intervenir y que, por tanto, no son modificables, como pueden ser la edad y raza del deportista y una historia previa de lesión de similares características (48).
- × **Factores de riesgo extrínsecos:** son factores modificables. Entre ellos, destacan la falta de fuerza, de flexibilidad o la fatiga (49,50) y sobre todo el desequilibrio de fuerza entre los agonistas y antagonistas (51,52). Además, la limitación de

flexibilidad del cuádriceps o un déficit de fuerza y coordinación de la musculatura de la pelvis y tronco puede contribuir a aumentar el riesgo de lesión (53).

En una revisión sobre la lesión de la musculatura isquiotibial en el deporte, De Hoyo et al. (54) analiza los factores de riesgo más relevantes como son la lesión previa de la musculatura isquiotibial, la falta de fuerza y/o los desbalances musculares, la falta de flexibilidad, la fatiga muscular así como las alteraciones lumbo-pélvicas.

LESIÓN PREVIA

Tener una lesión previa de isquiotibiales es el principal factor de riesgo para sufrir otra y haber sufrido lesión en otro músculo de las piernas también supone un riesgo para padecer lesiones en los isquiotibiales (53).

Se ha pensado que probablemente esto venga provocado por determinadas malas adaptaciones tras el proceso lesivo, incrementando el riesgo de una futura lesión. El riesgo aumentado podría explicarse por la formación de una cicatriz no funcional asociada a: una alteración en los mecanismos de alargamiento del tejido muscular, una disminución de la flexibilidad, una reducción persistente en la fuerza excéntrica, una atrofia a largo plazo de la musculatura lesionada o alteraciones en la biomecánica del tren inferior o en el ángulo y torque máximo de flexión de rodilla.

FUERZA Y DESBALANCES MUSCULARES

La falta de fuerza de los músculos isquiotibiales ha sido uno de los factores de riesgo que con más frecuencia se ha asociado con la lesión de dicha musculatura. Se ha sugerido que una falta de fuerza de los isquiotibiales no permite al deportista contrarrestar al cuádriceps durante la extensión de la rodilla en la fase final de balanceo de la carrera o en el momento de golpear el balón en el fútbol por ejemplo. En 2015, Timmins et al. (55) demostró que una reducción de la fuerza excéntrica de los isquiosurales en futbolistas profesionales incrementaba el riesgo de lesión de este grupo muscular y que "por cada incremento de 10N en la flexión excéntrica de rodilla, el riesgo de lesión de los isquiotibiales se reducía en un 8.9%".

Sin embargo, en la actualidad, la evidencia científica sobre la influencia de la debilidad muscular de los isquiotibiales como factor de riesgo es contradictoria y el estudio de los desequilibrios entre la musculatura agonista y antagonista del muslo parece desempeñar un papel más relevante que la fuerza analizada de forma aislada para conocer el riesgo de lesión (56).

Cameron et al. (57) analizó los posibles desequilibrios entre isquiosurales y cuádriceps (ratio ISQ/Q) y relacionaron el fenómeno con un incremento de la fuerza del cuádriceps más que con una debilidad de los isquiosurales. En este supuesto, los isquiosurales no son capaces de resistir un aumento excesivo de la fuerza del cuádriceps, lo que favorecería un aumento en el riesgo de lesión.

Para la evaluación de la existencia de este desequilibrio muscular parece que lo más adecuado es replicar el mecanismo lesional (48), donde los isquiotibiales actúan de forma excéntrica, frenando el movimiento de la extremidad inferior, y el cuádriceps de forma concéntrica por lo que la literatura (51) recomienda estimar el ratio ISQ/Q a partir del torque máximo excéntrico de los isquiosurales (a una velocidad de 30°/s), y el torque máximo concéntrico del cuádriceps (a una velocidad de 240°/s). Según los autores, diferencias mayores a un 20% son indicativas de un riesgo de lesión importante.

FLEXIBILIDAD

La falta de flexibilidad y/o el acortamiento de los isquiotibiales se han presentado a menudo como un factor de riesgo para la lesión de este grupo muscular. En 2003, un estudio realizado por Vitvrouw et al. (58) con un grupo de futbolistas belgas reportó una asociación significativa entre una menor flexibilidad de los isquiotibiales medida en pretemporada y una mayor incidencia de lesiones de isquiotibiales durante la temporada regular ($p < 0.05$). De forma más concreta, los autores llegaron a la conclusión que los futbolistas que no alcanzaban los 90° en la prueba de elevación pasiva de la pierna recta (*straight leg raise* o SLR) tenían un mayor riesgo de padecer una lesión de isquiotibiales y que era oportuno recomendarles realizar un programa de estiramientos para reducir ese riesgo.

En su estudio del 2015, Timmins et al. (55) indicó que una reducción en la longitud de la cabeza larga del bíceps femoral (CLBF) se asociaba a un aumento en el riesgo de lesión de

los isquiotibiales y demostró que "por cada incremento de 0.5 cm en la longitud del fascículo de la CLBF, el riesgo de lesión de los isquiotibiales se reducía un 73.9%".

Sin embargo, parece existir discrepancia entre los estudios relacionados con el rango de movilidad articular y la flexibilidad con respecto a las lesiones.

Un metaanálisis realizado en 2009 (56) sugiere que la flexibilidad de los isquiotibiales no presenta ninguna relación significativa con la lesión de esta musculatura y otro estudio (59) considera que la flexibilidad de otros grupos musculares del muslo, como es el caso del cuádriceps, puede tener más importancia que la propia de los isquiotibiales.

Gabbe et al. (60) encontró una relación inversa entre el aumento de la flexibilidad del cuádriceps y la incidencia de lesiones en los isquiotibiales. Los atletas que consiguieron una flexión de rodilla mayor a 51° en la prueba de Thomas modificada eran menos propensos a sufrir una lesión de los isquiotibiales. En este mismo estudio, la limitación de flexibilidad de los flexores de cadera también supuso un riesgo significativo para la lesión de los isquiotibiales.

Una posible explicación biomecánica a por qué la falta de flexibilidad de los flexores de cadera puede predisponer a los deportistas a padecer esta lesión es que la tensión de estos músculos crea una mayor energía potencial durante la extensión de cadera y flexión de rodilla en la fase de prebalanceo durante la carrera, lo que generaría un aumento de la propulsión de la pierna hacia delante durante la fase de balanceo debido al retroceso pasivo de estos músculos, aumentando por tanto la carga excéntrica de los isquiotibiales durante la acción de desaceleración de la pierna (61).

Otra posible explicación es que la rigidez del recto femoral y de los flexores de cadera favorece la anteversión pélvica lo que somete a los isquiotibiales a una mayor tensión o fuerza de alargamiento. Esto cobra importancia en la fase final de balanceo cuando el recto femoral y los flexores de cadera del miembro inferior posterior no se dejan estirar, obligando a la pelvis a incrementar su grado de anteversión y como consecuencia aumentando el estiramiento de los isquiotibiales del miembro inferior anterior que en este momento realizan una fuerza excéntrica para desacelerar la pierna antes de impactar contra el suelo.

FATIGA

Multitud de factores asociados a la fatiga pueden ser los causantes de la lesión de la musculatura isquiotibial ya que un músculo fatigado está menos capacitado para generar fuerza, y por tanto es más susceptible a romperse ante una acción de tipo excéntrico.

Estos factores incluyen la reducción del contenido de glucógeno en las fibras musculares, incrementos en la activación neural en los músculos fatigados durante las acciones de sprint y alteraciones en los neurotransmisores del sistema nervioso central y neuromoduladores que alteran el estado psíquico o perceptual. Además, se ha constatado (62) que la fatiga inducida por la repetición de esfuerzos a máxima velocidad causa un cambio significativo en la técnica de carrera, lo cual puede contribuir a la lesión.

ALTERACIONES LUMBO-PÉLVICAS

Como se ha comentado con anterioridad, una limitación de flexibilidad en los flexores de cadera y/o cuádriceps se ha identificado como factor de riesgo en esta lesión.

Una excesiva lordosis lumbar también ha sido correlacionada con la presencia de lesión isquiotibial (63,64).

La existencia del síndrome cruzado, esto es un patrón de desequilibrio muscular que se manifiesta por rigidez en los flexores de cadera y erectores espinales y una inhibición de los glúteos y los abdominales, puede dar lugar a una inclinación anterior de la pelvis, a una flexión de cadera y a un aumento de la lordosis lumbar, lo que puede facilitar la aparición de la lesión isquiotibial.

Por otro lado, se ha demostrado que existe una asociación entre la lesión recurrente de la musculatura isquiotibial y los cambios degenerativos a nivel de L5/S1 como consecuencia de un atrapamiento nervioso que es necesario corregir (65).

3. HIPÓTESIS y OBJETIVOS

3.1 HIPÓTESIS

La falta de flexibilidad de los isquiotibiales (49,50,58), la falta de flexibilidad del recto anterior del cuádriceps (59,60), la falta de fuerza excéntrica de los isquiotibiales (55) y/o los desbalances musculares entre cuádriceps e isquiosurales (51,52,56,57) son los factores de riesgo extrínsecos que con más frecuencia se asocian con la lesión de los isquiosurales. El Foam Roller permite realizar sobre la fascia una acción mecánica la cual puede solucionar posibles problemas de restricciones adhesivas que pudieran alterar el correcto funcionamiento del sistema muscular perjudicando su amplitud de movimiento fisiológico y/o su contracción.

El FR ha demostrado ser una herramienta útil para incrementar la flexibilidad de la musculatura a corto plazo (1–3) y también se piensa que podría influir sobre la flexibilidad a largo plazo (21).

Nuestra primera hipótesis de trabajo es que la aplicación del FR en la musculatura del cuádriceps y de los isquiosurales, durante un periodo de seis semanas, podría incrementar la flexibilidad a largo plazo de ambos grupos musculares, reduciendo el factor de riesgo asociado a la falta de flexibilidad y actuando por lo tanto como una herramienta para la prevención de las lesiones de los isquiotibiales.

En relación al desbalance muscular - frecuentemente nos encontramos con un cuádriceps fuerte y unos isquiotibiales no tan fuertes - pensamos que una excesiva rigidez muscular del antagonista (el cuádriceps) impide al agonista (los isquiotibiales) desarrollar toda su fuerza.

Por lo tanto, otra hipótesis es que la aplicación del FR exclusivamente a nivel de la musculatura del cuádriceps podría reducir su rigidez y permitir a los isquiotibiales desarrollar una mayor fuerza. De esta manera, el desbalance entre ambos músculos estaría reducido y el ratio ISQ/Q alcanzaría mayores valores, lo cual sería sinónimo de un menor riesgo de lesión.

3.2 OBJETIVOS

3.2.1 *Objetivos principales*

1. Valorar si la aplicación del Foam Roller, durante un periodo de seis semanas, permite mejorar de forma significativa la flexibilidad a largo plazo de la musculatura tratada, en un grupo de futbolistas masculinos amateurs
2. Determinar si la mejoría alcanzada, hipotética, en cuanto a flexibilidad a largo plazo de los cuádriceps y de los isquiotibiales puede convertir al Foam Roller en una nueva herramienta para la prevención de lesiones de los isquiotibiales.
3. Determinar si la aplicación del Foam Roller modifica de forma significativa el ratio de fuerza ISQ/Q y, de ser así, si lo mejora y es capaz por lo tanto de reducir el riesgo de sufrir una lesión de isquiotibiales.

3.2.2 *Objetivos secundarios*

1. Analizar si existen diferencias significativas en los resultados obtenidos entre ambos grupos de estudio y determinar qué modelo de aplicación es el más apropiado para nuestros sujetos (aplicación a nivel de cuádriceps o a nivel de cuádriceps e isquiotibiales).
2. Valorar la eficacia de una rutina de estiramientos pasivos analíticos enfocados a la musculatura de las extremidades inferiores en cuanto a su efecto sobre la flexibilidad del cuádriceps y de los isquiotibiales.

4. METODOLOGÍA

4.1 SUJETOS

Dieciocho jugadores de fútbol, todos varones (edad=24,82 \pm 4.86; altura=177,91 \pm 4,66; peso=71,87 \pm 6,26), del Club Deportivo Aluvión de Cascante, equipo que milita en la categoría Primera Autonómica de Navarra, participaron en este estudio. (Figura 3: Diagrama de flujo que muestra la selección de los participantes en el estudio.)

4.1.1 Criterios de inclusión

- Ser hombre y jugador de fútbol amateur.
- Ser mayor de edad.

4.1.2 Criterios de exclusión

- Ser usuario habitual del Foam Roller (FR).
- Estar diagnosticado de alguna enfermedad que constituya una contraindicación al uso del Foam Roller (diagnóstico de: insuficiencia cardiaca congestiva, insuficiencia renal, trastornos hemorrágicos o enfermedad cutánea contagiosa).
- Haber sufrido una lesión muscular de grado II o III en el cuádriceps o en la musculatura isquiosural en los tres meses previos al inicio del estudio, en agosto de 2016.
- Haber sufrido alguna lesión durante el mes previo a la intervención con el Foam Roller o mientras se lleva a cabo ésta (esto es, entre los meses de diciembre, enero y primera quincena de febrero), entendiéndose como lesión cualquier baja deportiva con una duración superior a siete días, bien sea a nivel de competición o de entrenamiento, debido al estado físico del deportista.
- No cumplimentar al menos las dos terceras partes de las sesiones de Foam Roller previstas en el protocolo de intervención.

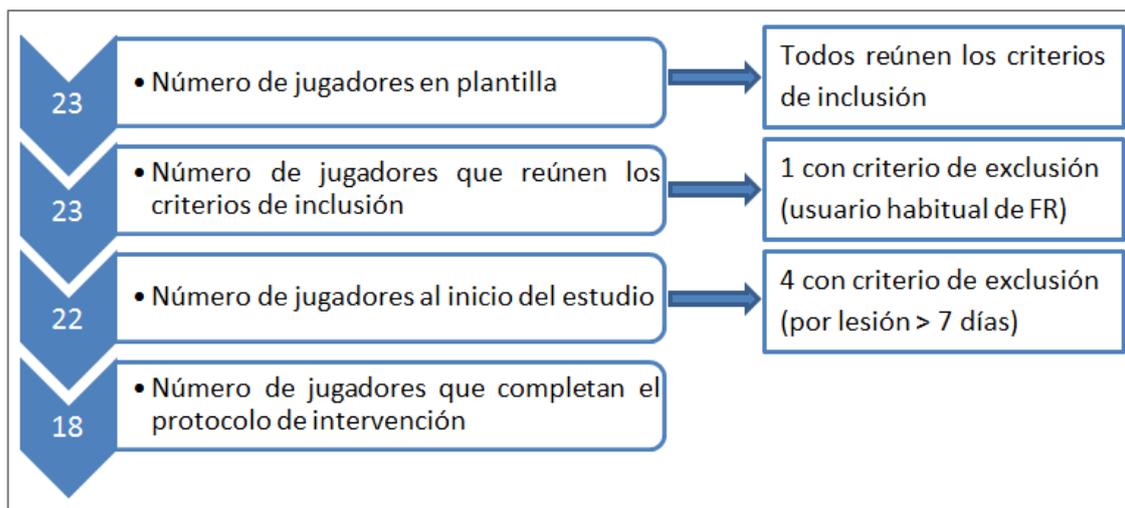


Figura 3: Diagrama de flujo que muestra la selección de los participantes en el estudio.

Todos los sujetos eran sanos, físicamente activos (realizaban un mínimo de 6h30 de actividad física a la semana) y ninguno tenía experiencia previa en el uso del Foam Roller. (Tabla 1)

Para el interés de nuestro trabajo, los participantes fueron divididos en forma aleatoria (mediante la realización de una macro en Excel) en dos grupos de estudio que denominaremos en adelante: grupo cuádriceps (Grupo Q) y grupo isquiotibial y cuádriceps (Grupo ISQ+Q).

Tabla 1: Datos demográficos y antropométricos de los participantes al inicio del estudio

N	Edad (años)	Altura (cm)	Peso (kg)	% grasa	% masa muscular
18 (Todos)	24,82 (±4,86)	177,91 (±4,66)	71,87 (±6,26)	10,39 (±2,01)	61,21 (±5,28)
9 Grupo Q	25,00 (±6,40)	177,40 (±7,52)	71,52 (±9,70)	10,24 (±2,29)	60,72 (±8,02)
9 Grupo ISQ+Q	24,67 (±3,56)	178,33 (±2,44)	72,17 (±3,36)	10,52 (±1,75)	61,62 (±2,92)

4.1.3 Consentimiento informado y derecho a la información (ANEXO 4)

Antes de iniciar el estudio, los participantes recibieron, de forma individual y en términos comprensibles, la información oportuna acerca de los objetivos del estudio, del plan de intervención y sus beneficios y/o molestias y/o posibles riesgos, de la duración estimada del mismo así como de sus derechos y responsabilidades. Esta información les fue proporcionada tanto de forma verbal como por escrito y todas las dudas que surgieron fueron aclaradas.

Después de haber comprendido toda la información, cada jugador expresó voluntariamente su intención de participar en la investigación, la cual no necesitó la aprobación del Comité de ética.

4.2 PROTOCOLO DE INTERVENCIÓN

El estudio se desarrolló a lo largo de seis meses, entre los meses de agosto de 2016 y febrero de 2017.

Las veinte primeras semanas constituyeron un periodo control durante el cual los sujetos se sometieron a una sesión grupal supervisada de estiramientos al acabar cada uno de los tres entrenamientos semanales (*Tabla 2: Protocolo de intervención*). Los estiramientos realizados eran estiramientos pasivos analíticos enfocados a la musculatura de las extremidades inferiores. La secuencia contaba con nueve estiramientos (1. Piramidal; 2. Rotadores externos; 3, 4, 5. Aductores; 6. Isquiotibiales; 7. Psoas iliaco; 8. Cuádriceps; 9. Gemelos) cada uno de los cuales se mantenía por una duración de 30" (*Anexo 1*). Los sujetos recibieron, al inicio del periodo y durante el mismo, las pautas necesarias para la correcta realización de cada uno de los ejercicios, evitando así posturas inadecuadas y/o compensaciones.

Esta rutina de estiramientos, básica y sencilla de realizar, es la misma que se lleva a cabo desde hace tres años con el equipo de Autnómica del C.D. Aluvión. En nuestro estudio, el objetivo del periodo control no es otro que valorar el efecto de esta rutina de estiramientos en cuanto a flexibilidad del recto anterior del cuádriceps y de isquiotibiales, para después poder comparar los resultados obtenidos al usar además el Foam Roller (FR).

Las seis últimas semanas correspondieron al periodo de intervención con Foam Roller. Durante este periodo los sujetos realizaron la misma rutina de estiramientos descrita anteriormente pero se sometieron además a un trabajo de auto-liberación miofascial realizado con el FR. Éste se llevó a cabo al término de cada sesión de entrenamiento, antes de estirar tal y como lo recomienda el *Sports Medicine Institute* (66).

Inicialmente, se realizó una sesión de familiarización con el material en la que se explicó detalladamente el protocolo a seguir, la forma en la que realizar la auto-liberación miofascial así como las zonas donde no se debía aplicar el FR (tendones, zonas óseas, articulaciones). Un protocolo escrito (protocolo Q o protocolo ISQ+Q, según el grupo al que pertenecían) acerca de cómo usar el Foam Roller fue entregado a cada participante (*Anexo 2*), se hizo una demostración de cómo aplicarlo en la musculatura isquiotibial y en el cuádriceps y todos los sujetos practicaron la técnica hasta dominarla por completo.

A continuación describiremos el protocolo establecido para realizar la auto-liberación miofascial a nivel del cuádriceps y de la musculatura isquiotibial:

4.2.1 Auto-liberación miofascial en cuádriceps

Los sujetos usaron un Foam Roller liso de alta densidad de 90cmx15cm de la marca Picsil, empresa ubicada en la localidad de Cintruénigo (Navarra). (*Anexo 3*)

Los sujetos, en posición prono y apoyando ambos antebrazos en el suelo, se tumbaban sobre el FR colocando éste en la parte más proximal de los muslos, justo por debajo de las espinas iliacas antero-superiores. En esta posición y haciendo fuerza con los antebrazos, iban rodando sobre el FR hasta situarlo en la parte más distal de los muslos (sin llegar a rodar sobre la articulación de la rodilla) y entonces rodaban en el sentido contrario hasta volver a colocar el FR en la parte más proximal de los muslos (*Figura 4*). Continuaban la secuencia durante un periodo de 60", siendo elegida esta duración de aplicación del FR en base a la literatura que sugiere que es necesario mantener una presión constante sobre la musculatura de entre 60-90" y hasta 5' o hasta percibir la liberación miofascial (67).

La "ida y vuelta" se consideraba una repetición y los sujetos fueron instruidos para completar el ejercicio a una velocidad constante de 10 rpm, esto es 6"/repetición.

4.2.2 Auto-liberación miofascial en isquiotibiales

Los sujetos usaron un Grid Foam Roller de 33cmx14cm de la marca Cisport, empresa ubicada en Zaragoza (Anexo 3). Al contrario del Foam Roller utilizado para la auto-liberación miofascial en el cuádriceps que tiene un aspecto bastante liso, el Grid Foam Roller presenta un diseño entramado que incorpora tres densidades diferentes (todas de alta dureza) y que permite un efecto masaje más profundo.

Los sujetos, en posición de sentado y apoyando ambas manos en el suelo, colocaban el Grid Foam Roller en la parte más proximal del muslo de la pierna dominante, justo por debajo de la tuberosidad isquiática. La planta del pie de la pierna contralateral estaba apoyada en el suelo para estabilizar el cuerpo. En esta posición y haciendo fuerza con los brazos y la pierna de apoyo, iban rodando sobre el Grid Foam Roller hasta situarlo en la parte más distal del muslo (sin llegar a rodar por el hueco poplíteo) y entonces rodaban en el sentido contrario hasta volver a colocar el Grid Foam Roller en la parte más proximal del muslo (Figura 5). Continuaban la secuencia durante un periodo de 60". La "ida y vuelta" se consideraba una repetición y los sujetos fueron instruidos para completar el ejercicio a una velocidad constante de 10 rpm, esto es 6"/repetición.



Figura 4: Posición inicial (A) y final (B) del protocolo de auto-liberación miofascial en cuádriceps.



Figura 5: Posición inicial (A) y final (B) del protocolo de auto-liberación miofascial en isquiotibiales.

Según el grupo de intervención al que pertenecían, los participantes realizaron el trabajo de auto-liberación miofascial a nivel de la musculatura del cuádriceps únicamente (grupo Q) o a nivel del cuádriceps y de los isquiotibiales (grupo ISQ+Q) tal y como viene recogido en la *Tabla 2*.

Nuestro estudio se centró en valorar los posibles cambios alcanzados en términos de flexibilidad y de fuerza únicamente en la pierna dominante de cada sujeto considerando que los resultados obtenidos serían aplicables al miembro contralateral. Para ello, la auto-liberación miofascial se realizó de forma unilateral a nivel de los isquiotibiales pero de forma bilateral a nivel de la musculatura del cuádriceps. Se eligió aplicar el FR a nivel de ambos cuádriceps de forma simultánea debido a las propias dimensiones del FR utilizado (90cm de largo) y por ser una maniobra más fácil de realizar.

Se decidió enfocar el estudio al lado dominante por varios motivos como pueden ser la reducción del tiempo necesario para llevar a cabo las distintas mediciones (diez minutos por cada participante), la reducción de la fatiga a la hora de realizar las pruebas de fuerza y para agilizar además el análisis estadístico de los datos obtenidos (cuatro pruebas por sujeto en lugar de ocho).

Tabla 2: Protocolo de intervención

	GRUPO Q	GRUPO ISQ+Q
SEMANA 1-20 Periodo control	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Secuencia 9 estiramientos analíticos (30") ▪ 3 veces/semana 	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Secuencia 9 estiramientos analíticos (30") ▪ 3 veces/semana
SEMANA 21-26 Periodo intervención	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Sesión FR en cuádriceps (60" bilateral) + posterior secuencia 9 estiramientos analíticos (30") ▪ 3 veces/semana 	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Sesión FR en isquiotibiales (60" unilateral) + Sesión FR en cuádriceps (60" bilateral) + posterior secuencia 9 estiramientos analíticos (30") ▪ 3 veces/semana

4.3 MÉTODOS DE VALORACIÓN

Se llevaron a cabo tres tandas de mediciones: en agosto, durante la pre-temporada, antes de iniciar el periodo control; en enero, en la semana previa a la intervención (pre-test) y en febrero, la semana siguiente de acabar (post-test).

Todas las mediciones se realizaron en el vestuario del campo de fútbol Malón de Echaide de la localidad de Cascante. Todos los jugadores se sometieron a todas las pruebas en las mismas condiciones, realizándose todos los tests el mismo día y en el mismo orden.

Sin calentamiento previo, la fuerza concéntrica del cuádriceps y la fuerza excéntrica de los isquiotibiales así como la flexibilidad del recto anterior del cuádriceps y de los isquiotibiales, en todos los casos de la pierna dominante, fueron medidas, en este orden, según el protocolo descrito a continuación. (*Figura 6*)

Antes de realizar cada una de las pruebas, se dieron las instrucciones necesarias al buen entendimiento de éstas y, en el caso de las pruebas de fuerza, una prueba submáxima se realizó previamente para asegurarnos que los sujetos habían entendido la contracción a realizar.

4.3.1 Material

El material utilizado fue: una camilla plegable de aluminio de la marca Solaria, una camilla fija de exploración, un dinamómetro microFET3 de la marca Hoggan con un rango 4,4-890N prestado por la Universidad Pública de Navarra, un goniómetro, una cámara de video Sony Handycam HDR CX320 de 2.390.000 píxeles, un trípode Cullmann Primax 150 con dos niveles de burbuja integrados y un cinturón de sujeción para estabilizar y ayudar a ofrecer la resistencia durante las pruebas de fuerza.

4.3.2 *Análisis de fuerza del cuádriceps y de los isquiotibiales de la pierna dominante con dinamómetro de mano*

La mayoría de los movimientos deportivos son dinámicos por lo que, a la hora de medir la fuerza muscular, el método isométrico no es el más apropiado sino que se debería utilizar una evaluación dinámica, tal como la medición isocinética.

Considerando que el método isocinético es demasiado costoso y su acceso está limitado, el dinamómetro manual pareció ser la mejor opción para llevar a cabo el análisis de la fuerza del cuádriceps y de los isquiotibiales. El tipo de fuerza medida, esto es fuerza concéntrica o excéntrica, se eligió atendiendo a las características del gesto deportivo (carrera, pase o tiro) en el que el cuádriceps actúa principalmente mediante una contracción isotónica concéntrica mientras que los isquiosurales lo hacen de forma excéntrica. La medición de la fuerza de la musculatura agonista/antagonista nos interesa particularmente ya que los desbalances musculares entre isquiosurales y cuádriceps (ratio ISQ/Q) son considerados un factor de riesgo para la lesión de la musculatura de la parte posterior del muslo (48,51,57).

El dinamómetro manual es una herramienta portátil, de fácil utilización y un método rápido, sencillo y relativamente económico que se utiliza con frecuencia en el contexto clínico para la valoración de la fuerza muscular (68–71). En una revisión bibliográfica realizada en 2011, Stark et al. concluyó que el dinamómetro manual es un instrumento válido y fiable a la hora de medir la fuerza muscular (69). El dinamómetro ha sido el centro de atención de numerosos estudios y ha exhibido, por ejemplo, una excelente fiabilidad así como altos coeficientes de correlación intraclase para la medición de la fuerza excéntrica de los isquiotibiales (72). Además, en este mismo estudio, existe una correlación significativa ($p < 0.001$) entre las mediciones obtenidas con el dinamómetro manual y las obtenidas con un isocinético (72). En otro estudio, ha mostrado una excelente fiabilidad entre distintos evaluadores y entre las diferentes mediciones de un mismo evaluador para los músculos flexores y aductores de cadera en futbolistas adultos sanos (73).

Una ventaja de este método frente a los tradicionales tests manuales musculares a través de sistemas de graduación como puede ser la Escala de Daniels para la valoración de la fuerza muscular es la habilidad para detectar y cuantificar pequeños cambios en la fuerza que no podrían ser detectados manualmente (74). Por otro lado, una limitación de este método es la fuerza del examinador con respecto a la fuerza del grupo muscular testado: para que el test sea válido, la fuerza del examinador debe ser suficiente como para afrontar la fuerza producida por éste (75,76).

Actualmente, no existe consenso en cuanto a las posiciones en las que colocar al sujeto para medir la fuerza muscular con un dinamómetro de mano. La reciente revisión sistemática de Stark et al. es una muestra de las múltiples metodologías existentes para la valoración de la fuerza en el miembro inferior (69). En base a estudios previos (68,72), elegimos medir la fuerza concéntrica del cuádriceps en posición de sentado y la fuerza excéntrica de los isquiosurales en posición de decúbito prono.

4.3.2.1 Fuerza concéntrica del cuádriceps

La prueba se realiza con el sujeto en sedestación en un extremo de la camilla fija, con las manos agarrando los laterales de ésta y con las caderas y las rodillas flexionadas a 90° (68). Ambos muslos quedan fijados a la camilla mediante un cinturón de sujeción.

El investigador pasa a explicar la prueba: "A la de tres, tienes que hacer la máxima fuerza posible para estirar la rodilla y mantener esta contracción muscular hasta que te avisé que puedes relajar".

El investigador coloca el dinamómetro en la parte anterior de la pierna, ligeramente proximal a los maléolos.

El sujeto realiza inicialmente una contracción isométrica máxima durante unos 2" y posteriormente una contracción concéntrica mientras el experimentador cede ante la fuerza realizada por el sujeto.

4.3.2.2 Fuerza excéntrica de los isquiotibiales

La prueba se realiza con el sujeto en decúbito prono sobre la camilla plegable, con las manos agarrando el cabezal (72) y con la rodilla de la pierna a valorar inicialmente flexionada a 45° (51), ángulo comprobado con el goniómetro. La pelvis queda fijada a la camilla mediante un cinturón de sujeción.

El investigador pasa a explicar la prueba: "A la de tres, tienes que hacer la máxima fuerza posible para evitar que yo te estiré la rodilla y mantener esta contracción muscular hasta que te avisé que puedes relajar".

El investigador coloca el dinamómetro en la parte posterior de la pierna, a nivel de los maléolos.

El sujeto realiza inicialmente una contracción isométrica máxima durante unos 2" y posteriormente una contracción excéntrica mientras se le empuja hacia la extensión (permitiendo una extensión de rodilla de unos 30°).

Ambas pruebas duraban entre cinco y siete segundos, quedando recogida en el dinamómetro la máxima fuerza realizada, expresada en Newtons. Las maniobras se repitieron en tres ocasiones, con un minuto de descanso entre cada una, tomándose la media de los tres valores como válido.

Sólo se aceptaron las mediciones cuando la diferencia entre los tres valores fue como máximo del 10%, lo que sucedió en más del 90% de casos con sólo tres mediciones, mostrando una gran reproducibilidad intratest. En el resto de casos hubo que efectuar entre cuatro y cinco mediciones, escogiéndose sólo los tres valores que no diferían en más del 10% para el establecimiento de la media.

Mientras realizaban las pruebas, todos los sujetos recibieron el mismo mensaje de ánimo para motivarles a desarrollar la máxima fuerza posible.

4.3.3 Análisis cinematográfico de la flexibilidad del recto anterior del cuádriceps y de los isquiotibiales de la pierna dominante

Para ambas pruebas, los sujetos fueron grabados en el plano sagital. La cámara de video estaba situada a una distancia de 3,30 metros, con el zoom en su posición media para el Test de elevación de la pierna recta (SLR) y reducido al máximo para el Test de Thomas modificado (TTM). Mediante el uso de un trípode, se colocaba la cámara a la altura del borde inferior de la camilla (51 cm) y perfectamente paralela a este último pudiendo comprobarlo con los niveles de burbuja integrados en el trípode.

Antes de realizar las pruebas, se marcaron en cada sujeto tres relieves anatómicos, en cadera, rodilla y tobillo de la pierna dominante, con un lápiz dermográfico. Un estudio piloto (77,78) demostró que el trocánter mayor del fémur, la cabeza del peroné y el maléolo peroneo son los relieves anatómicos que con mayor facilidad se identifican. Los autores indican que es conveniente utilizar la cabeza del peroné como referencia anatómica en vez de tratar de localizar el eje de rotación de la rodilla lo que favorecería

los errores de mediciones. Siguiendo estas recomendaciones, marcamos el punto más superficial del trocánter mayor del fémur, el punto más proximal de la cabeza del peroné y el punto más distal del maléolo peroneo. Estos tres marcadores sirvieron para determinar los grados de flexión de rodilla al realizar el Test de Thomas modificado para valorar la flexibilidad del recto anterior del cuádriceps mientras que tan sólo dos de ellos (la marca situada en el trocánter mayor y la del maléolo peroneo) fueron necesarios para medir la flexión pasiva de cadera con rodilla estirada y valorar así la flexibilidad de los isquiotibiales. Todas las marcas fueron puestas por el mismo experimentador.

El análisis de las imágenes obtenidas se realizó posteriormente con el software informático Kinovea, un programa especializado en el estudio de videos deportivos y que nos permitió obtener los grados de flexión de rodilla durante el Test de Thomas modificado y los grados de flexión pasiva de cadera en el Test de elevación de la pierna recta.

4.3.3.1 Flexibilidad del recto anterior del cuádriceps: Test de Thomas modificado (TTM)

Existen dos pruebas principales para valorar la flexibilidad del recto anterior del cuádriceps. Tanto la prueba de Ely (79,80) como el Test de Thomas Modificado (81–84) son herramientas de valoración frecuentemente utilizadas en la literatura científica. Sin embargo, varios estudios (78,85) han demostrado los límites de ambas pruebas y han puesto en duda la fiabilidad de éstas. Los autores sugieren que los altos valores de varianza inter e intraclase obtenidos al realizar estas pruebas pueden estar originados por múltiples errores de mediciones que dependen, entre otros, de: la experiencia del investigador, la inconstancia en cuanto a la posición del sujeto durante la valoración o a la colocación de los marcadores, el sistema de medición utilizado (goniómetro u otro), etc... En 2013, Peeler et al. (77) realizó un estudio en el que utilizó fotografías digitales para el estudio de la flexibilidad del recto anterior a través del Test de Thomas modificado. Diez examinadores (cinco de ellos experimentados y los otros cinco recién graduados) tenían que medir, mediante goniómetro y directamente sobre las fotografías digitales que se les entregaba, el grado de flexión de rodilla de veintiocho participantes en posición de TTM. Siete días más tarde, los examinadores tenían que realizar otra tanda de mediciones de

las mismas fotografías, estando cambiado el orden de éstas y sin tener conocimiento de las primeras mediciones realizadas ni tampoco de las mediciones obtenidas por el resto de examinadores. Los resultados obtenidos indicaron que la medición del ángulo de flexión de rodilla mediante estudio fotográfico en lugar de mediante uso directo del goniómetro sobre el sujeto es una manera de estandarizar el protocolo de valoración y de reducir los errores de medición. El procedimiento utilizado ha demostrado una alta fiabilidad entre las diferentes mediciones de un mismo evaluador pero también entre las mediciones de los distintos evaluadores, independientemente de si eran experimentados o no.

Después de tener conocimiento del estudio de Peeler et al. (77), la opción de medir la flexibilidad del recto anterior del cuádriceps a través del Test de Thomas modificado utilizando la cámara de video y el programa Kinovea para su posterior análisis nos pareció la más adecuada para minimizar al máximo los errores de mediciones que podrían surgir debido a nuestra reducida experiencia y a la falta de recursos humanos.

Para realizar el Test de Thomas modificado (TTM), el sujeto se apoya en un extremo de la camilla, mostrando su pierna dominante a la cámara, y desde esta posición, se deja caer hacia atrás quedando en decúbito supino sujetándose ambas rodillas al pecho (82). De esta manera, nos asegurábamos que la columna lumbar estaba en contacto con la camilla y que la pelvis se colocaba en retroversión. El sujeto suelta entonces la pierna a valorar sin dejar de mantener la pierna contralateral en posición de máxima flexión de cadera, tirando de ella hacia el pecho con los brazos, y en esta posición se mediría posteriormente, en la imagen obtenida con la cámara de video, el ángulo formado por la rodilla.

Durante la medición, es primordial mantener la pierna contralateral en máxima flexión de cadera para evitar la tendencia a la anteversión pélvica lo que disminuiría la tensión a nivel del psoas iliaco y del recto anterior del cuádriceps de la pierna a valorar y como consecuencia, alteraría los resultados de las mediciones.

Análisis de las imágenes

Una vez exportados los videos obtenidos en el programa Kinovea, pasamos a realizar su análisis para obtener los valores de flexión de rodilla. Para ello, utilizamos como referencia los tres marcadores dibujados en el miembro inferior (trocánter mayor del fémur, cabeza del peroné y maléolo peroneo) y realizamos la medición en el tercer segundo después de estar colocado el sujeto en la posición final del TTM.

De esta manera, obtuvimos los grados de extensión de rodilla; sin embargo, en el TTM, se considera 0° la extensión completa de rodilla por lo que restamos el valor obtenido a 180 para obtener el valor real de flexión de rodilla.

4.3.3.2 Flexibilidad de los isquiotibiales: Test de elevación de la pierna recta (SLR)

La exploración clínica de la flexibilidad de la musculatura isquiosural es origen de controversia debido a la gran variedad de las maniobras utilizadas. El test de distancia dedos-suelo, el test del cajón en el que el sujeto se sienta en el suelo con las piernas estiradas y alarga los brazos hasta un banco con marcas de medición o los tests de recorrido angular como la medición del ángulo poplíteo o la elevación de pierna recta (Straight Leg Raise o SLR en inglés) son utilizados indistintamente, describiéndose variaciones (activo o pasivo, unilateral o bilateral).

Entre todos los tests clínicos existentes, encontramos que el más aconsejable para la valoración del estado de la musculatura isquiosural es el Test de elevación de la pierna recta (SLR) (86–88). Este test se basa en la medición de un recorrido angular (grados de flexión de cadera) y presenta un diseño más específico al implicar una sola articulación. El test SLR presenta mayores coeficientes de correlación que el resto de tests y menor coeficiente de variación (89,90). Sus inconvenientes son la subjetividad y los errores de ejecución que son minimizados siempre que se siga una cuidadosa y metódica exploración, así como una correcta identificación de las anormalidades, diferenciando conceptos como tensión, dolor neurológico - irradiado o referido - etc...(89) La habilidad del explorador y el material disponible condicionan la calidad del resultado de la prueba y la principal dificultad a controlar es la implicación de la pelvis y del raquis lumbar que pueden influenciar sobre los resultados.

La prueba SLR se realiza con el sujeto en decúbito supino sobre la camilla mostrando su pierna dominante a la cámara y con los brazos cruzados sobre el pecho. Ambas rodillas están extendidas y las caderas en posición neutra.

El investigador pasa a explicar la prueba: "la elevación de la pierna es totalmente pasiva por lo que la extremidad inferior tiene que estar relajada y tienes que indicarnos cuando notas tirantez o dolor."

El investigador coloca una mano bajo el extremo distal de la pierna y la otra mano se dispone sobre la rodilla (para evitar su flexión). La elevación de la pierna recta se realiza de forma pasiva, lenta y progresiva. El movimiento se detiene cuando la tirantez o dolor localizado en la corva o porción posterior del muslo limitan el movimiento o cuando el investigador aprecie una flexión de la rodilla o una basculación de la pelvis (90).

Durante la medición, se ha de comprobar que el miembro no explorado permanezca con la rodilla en extensión y el pie en contacto con la camilla sin rotar externamente (debido a una mayor tracción del bíceps femoral).

Análisis de las imágenes

Una vez exportados los videos obtenidos en el programa Kinovea, pasamos a realizar su análisis para obtener los valores de flexión pasiva de cadera con rodilla estirada. Para ello, utilizamos como referencia dos de los tres marcadores dibujados en el miembro inferior (trocánter mayor del fémur y maléolo peroneo) y el plano horizontal de la camilla. Realizamos la medición en el momento en el que la basculación de la pelvis se podía apreciar, lo cual ocurrió en el 100% de los casos antes de que el sujeto notara tirantez o dolor localizado en la corva o porción posterior del muslo.

En el SLR, se considera 0° la posición neutra o de reposo por lo que, de esta manera, obtuvimos de forma directa los grados de flexión pasiva de cadera con rodilla estirada.

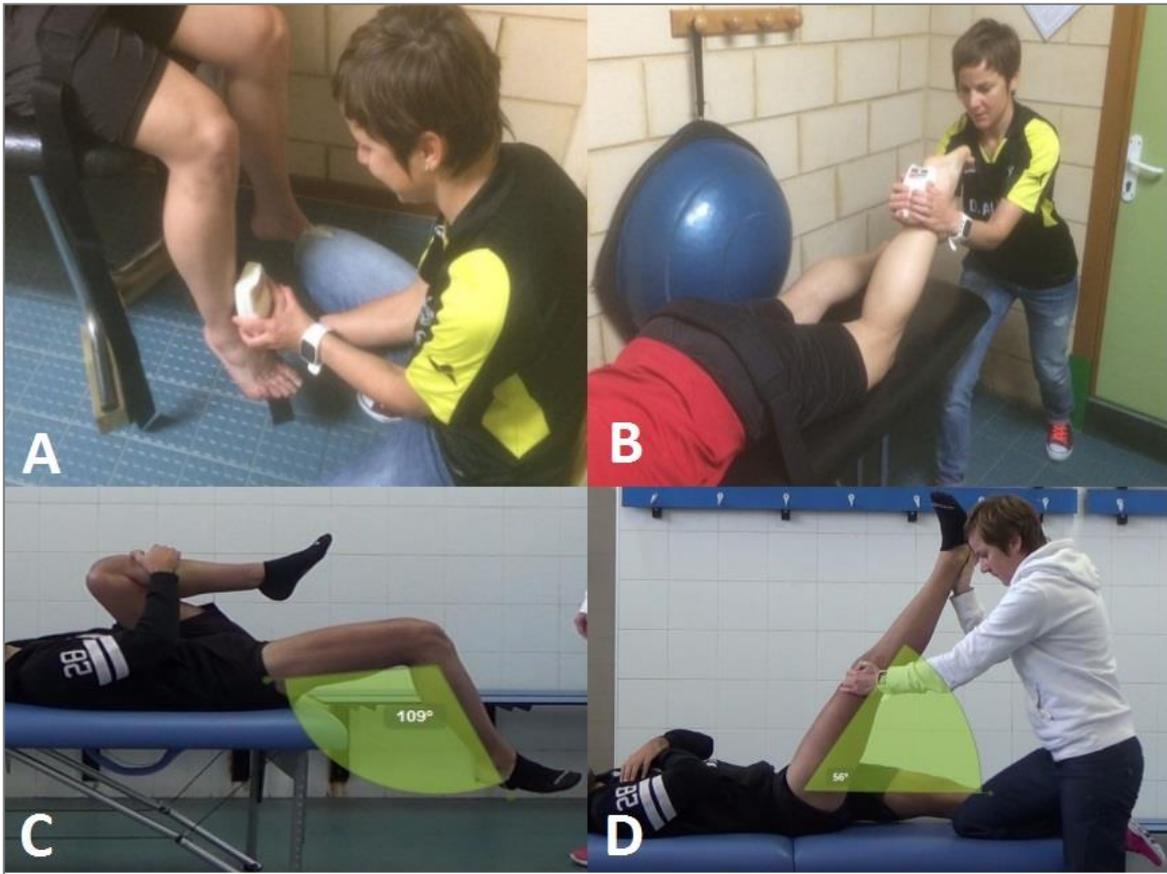


Figura 6: Métodos de valoración. Fuerza concéntrica del cuádriceps con dinamómetro de mano (A); Fuerza excéntrica de los isiotibiales con dinamómetro de mano (B); Flexibilidad del recto anterior del cuádriceps mediante TTM (C); Flexibilidad de los isiotibiales mediante SLR (D).

5. RESULTADOS

En el siguiente apartado, se muestran y analizan los resultados obtenidos en las distintas pruebas realizadas en agosto, enero y febrero.

Recordamos que el estudio constaba de dos periodos: un periodo control en el que todos los participantes realizaban una misma rutina de estiramientos (veinte semanas, entre agosto y enero) y un periodo de intervención en el que los sujetos realizaban, además de la rutina de estiramientos, una auto-liberación miofascial con Foam Roller siguiendo dos protocolos distintos según el grupo asignado (seis semanas, entre enero y febrero).

En relación al periodo control, el objetivo era valorar el efecto de la rutina de estiramientos en cuanto a flexibilidad del recto anterior del cuádriceps y de los isquiotibiales, por lo que sólo se analizarán los resultados relevantes para nuestro estudio, es decir los valores relativos a la flexibilidad de ambos grupos musculares en el conjunto de la población estudiada (N=18) y su evolución entre agosto y enero.

En cuanto al periodo de intervención con FR, se presentarán los resultados obtenidos antes (principios de enero) y después (mediados de febrero) de este periodo, tanto en las pruebas de flexibilidad (Test de Thomas modificado para medir la flexibilidad del recto anterior del cuádriceps y Test de elevación de la pierna recta para medir la flexibilidad de los isquiosurales) como en las pruebas de fuerza (fuerza concéntrica del cuádriceps y fuerza excéntrica de los isquiosurales). Se presentarán además los valores del ratio ISQ/Q, obtenidos dividiendo la fuerza excéntrica de los isquiosurales entre la fuerza concéntrica del cuádriceps, y que nos permiten determinar la existencia de un desbalance muscular entre la musculatura agonista y antagonista, lo cual constituye un factor de riesgo para la lesión de la musculatura isquiotibial (48,51,57). Para el interés de nuestro estudio, analizaremos por lo tanto los resultados de ambas pruebas de flexibilidad así como el ratio ISQ/Q para medir la evolución de nuestros sujetos en cuanto al riesgo de sufrir una lesión en los isquiotibiales después de seguir un protocolo de seis semanas de auto-liberación miofascial con FR.

Para empezar, realizaremos un análisis descriptivo de las diferentes variables estudiadas. Posteriormente, estudiaremos si los cambios obtenidos durante el periodo control y, con mayor interés, durante el periodo de intervención, son significativos. Para ello, utilizaremos el programa XLSTAT para realizar las pruebas estadísticas oportunas.

5.1 ANÁLISIS DESCRIPTIVO

5.1.1 Asistencia durante el periodo de intervención con Foam Roller (Tabla 3)

El periodo de intervención con FR se llevó a cabo a lo largo de seis semanas, realizándose la auto-liberación miofascial al término de cada uno de los tres entrenamientos semanales. De las dieciocho sesiones de FR previstas, era imprescindible cumplimentar al menos doce para no ser excluido del estudio, criterio que cumplieron todos los sujetos ya que la asistencia mínima fue de 14 sesiones (correspondiente a tres jugadores del grupo ISQ+Q). En cuanto a la asistencia máxima (18 sesiones), de los dieciocho jugadores incluidos en el estudio, hasta siete completaron todas las sesiones planificadas.

La asistencia media se sitúa en 16.64 sesiones lo cual equivale a una participación media del 92.42%. La asistencia media del grupo Q alcanza los 94.44% mientras que la asistencia media del grupo ISQ+Q es del 90.74%.

Tabla 3: Análisis descriptivo de la asistencia durante el periodo de intervención con FR

N	MÍNIMO	MÁXIMO	ASISTENCIA MEDIA	DESVEST	% ASISTENCIA
18 (Todos)	14	18	16.64	1.50	92.42
9 Grupo Q	16	18	17.00	1.00	94.44
9 Grupo ISQ+Q	14	18	16.33	1.86	90.74

5.1.2 Flexibilidad de los isquiotibiales mediante el Test de Elevación de la pierna recta (SLR) (Tabla 4)

Para la interpretación del SLR, seguimos a Santonja et al. (90) y tomamos como valor de normalidad una elevación $>75^\circ$, considerándose cortedad moderada o cortedad de grado I una elevación entre 61 y 74° y marcada cortedad o cortedad de grado II si los valores no superan los 60° .

Tabla 4: Análisis descriptivo de la flexibilidad de los isquiotibiales mediante Test Elevación de pierna recta (SLR)

	MEDIA			MINIMO			MÁXIMO			DESVEST		
	AGO	ENE	FEB	AGO	ENE	FEB	AGO	ENE	FEB	AGO	ENE	FEB
18 (Todos)	55.36	60.27	67.73	44	45	55	68	74	80	7.99	9.00	8.22
9 Grupo Q	-	60.60	67.80	-	45	55	-	74	78	-	11.17	8.81
9 Grupo ISQ+Q	-	60.00	67.67	-	53	60	-	73	80	-	7.87	8.55

En agosto, la flexibilidad media de los isquiotibiales era de 55.36° (N=18), muestra de la existencia de un acortamiento de la musculatura isquiotibial de grado II en nuestros sujetos. El máximo valor alcanzado durante el test (68°) correspondía a una cortedad moderada por lo que ninguno de los jugadores presentaba valores normales ($>75^\circ$). Cabe destacar que once jugadores (61.11%) no superaban los 60° de elevación (cortedad de grado II).

En enero, la flexibilidad media de los isquiotibiales era de 60.27° (N=18), lo cual supone un incremento del 8.87% con respecto a los valores alcanzados en agosto. Este valor se acerca al valor de corte para considerarse el acortamiento de grado I (61°). El máximo valor alcanzado durante el test (74°) está muy cerca de poder considerarse un valor normal (tres jugadores). En ese momento, ocho jugadores (44.44%) fueron los que no superaron los 60° de elevación (cortedad de grado II).

El grupo Q (60.60°) y el grupo ISQ+Q (60.00°) presentaban valores pre-intervención muy similares.

En febrero, la flexibilidad media de los isquiotibiales era de 67.73° (N=18), lo cual supone un incremento del 12.37% con respecto a los valores pre-intervención con FR. Entonces, podemos considerar que el grupo en su conjunto presentaba un acortamiento de grado I de la musculatura isquiotibial. Cuatro jugadores presentaban valores normales (elevación >75°) y tan sólo dos no superaban los 60° de elevación (cortedad de grado II).

Post-intervención, los valores alcanzados por ambos grupos se mantenían muy próximos: grupo Q (67.80°) y grupo ISQ+Q (67.67°).

5.1.3 Flexibilidad del recto anterior mediante el Test de Thomas Modificado (TTM) (Tabla 5)

Para la interpretación del TTM, tomamos como referencia el estudio de Gabbe et al. (60) en el que encontró que los atletas que conseguían una flexión de rodilla mayor a 51° en esta prueba eran menos propensos a sufrir una lesión de los isquiotibiales.

Tabla 5: Análisis descriptivo de la flexibilidad del recto anterior mediante Test Thomas Modificado (TTM)

	MEDIA			MINIMO			MÁXIMO			DESVEST		
	AGO	ENE	FEB	AGO	ENE	FEB	AGO	ENE	FEB	AGO	ENE	FEB
18 (Todos)	52.36	56.00	57.09	40	38	42	74	76	73	11.77	12.21	10.52
9 Grupo Q	-	55.40	57.60	-	38	42	-	71	73	-	16.40	14.66
9 Grupo ISQ+Q	-	56.50	56.67	-	46	47	-	76	73	-	11.36	9.50

En agosto, la flexibilidad media del recto anterior del cuádriceps era de 52.36° (N=18), lo que sitúa, aparentemente, a nuestros jugadores dentro de unos valores de relativa "seguridad" en relación al riesgo de sufrir una lesión de los isquiotibiales por acortamiento del recto femoral. Sin embargo, la desviación estándar (11.77) nos indica una importante dispersión de los resultados que se distribuyen en valores comprendidos entre 40 (mínimo) y 74 (máximo). Un coeficiente de variación de Pearson superior al 20% es indicador de la heterogeneidad de una muestra. En este caso, es igual a 22.47%, lo cual nos indica que la muestra era bastante heterogénea: aunque la flexibilidad media del

recto anterior del cuádriceps era de 52,36°, hasta diez jugadores (55.55%) no conseguían una flexión de rodilla mayor a 51°.

En enero, la flexibilidad media del recto anterior del cuádriceps era de 56° (N=18), lo cual supone un incremento del 6.95% con respecto a los valores alcanzados en agosto. La desviación estándar (12.21) es aún mayor que en agosto y el rango de valores también (38-76). Esta vez, el coeficiente de variación de Pearson es ligeramente inferior (21.81%) aunque sigue siendo un reflejo de la heterogeneidad de la muestra. Sin embargo, cabe destacar que de los diez jugadores que no conseguían una flexión de rodilla mayor a 51° en agosto, ahora tan sólo son ocho (44.44%).

En este momento (pre-intervención), la flexibilidad media del recto anterior del cuádriceps en el grupo Q era de 55.40° y de 56.50° en el grupo ISQ+Q.

En febrero, la flexibilidad media del recto anterior del cuádriceps era de 57.09° (N=18), lo que supone un incremento del 1.95% con respecto a los valores pre-intervención con FR. La desviación estándar (10.52) y sobre todo el coeficiente de variación de Pearson (18.43) son menores lo cual indica una mayor homogeneidad de la muestra en este momento.

La flexibilidad media del recto anterior del cuádriceps del grupo Q era de 57.60° mientras que era de 56.67° para el grupo ISQ+Q.

5.1.4 Fuerza excéntrica de los isquiotibiales de la pierna dominante (Tabla 6)

Tabla 6: Análisis descriptivo de la fuerza excéntrica de los isquiotibiales (pierna dominante)

	MEDIA		MINIMO		MÁXIMO		DESVEST	
	ENE	FEB	ENE	FEB	ENE	FEB	ENE	FEB
18 (Todos)	405.02	415.04	262.45	315.97	515.10	611.63	77.27	87.34
9 Grupo Q	423.30	457.70	352.15	364.46	515.10	611.63	67.58	108.62
9 Grupo ISQ+Q	392.83	386.60	262.45	315.97	484.26	478.93	86.95	65.00

En enero, la fuerza excéntrica media de los isquiotibiales, medida con dinamómetro manual, era de 405.02N para el conjunto de la población estudiada (N=18), 423.30 para el grupo Q y 392.83 para el grupo ISQ+Q. El coeficiente de variación de Pearson era igual a 19.08, 15.97 y 22.14 respectivamente, lo que indica una relativa heterogeneidad de los datos con un rango de valores de 262.45-515.10 para el conjunto de la población (N=18).

En febrero, la fuerza excéntrica media de los isquiotibiales era de 415.04N para el conjunto de la población estudiada (+2.47%), 457.70 para el grupo Q (+8.13%) y 386.60 para el grupo ISQ+Q (-1.58%), distribuyéndose los valores en un rango comprendido entre 315.97 y 611.63 (N=18).

5.1.5 Fuerza concéntrica del cuádriceps de la pierna dominante (Tabla 7)

Tabla 7: Análisis descriptivo de la fuerza concéntrica del cuádriceps (pierna dominante)

	MEDIA		MINIMO		MÁXIMO		DESVEST	
	ENE	FEB	ENE	FEB	ENE	FEB	ENE	FEB
18 (Todos)	584.97	620.29	475.51	467.51	681.32	728.92	70.39	70.39
9 Grupo Q	601.37	636.72	485.60	557.66	681.32	728.92	82.86	71.71
9 Grupo ISQ+Q	574.04	609.34	475.51	467.51	649.74	679.69	76.39	73.98

En enero, la fuerza concéntrica media del cuádriceps, medida con dinamómetro manual, era de 584.97N para el conjunto de la población estudiada (N=18), 601.37 para el grupo Q y 574.04 para el grupo ISQ+Q. El coeficiente de variación de Pearson era igual a 12.94, 13.78 y 13.31 respectivamente, lo que indica una mayor homogeneidad de las muestras que en el caso de la fuerza excéntrica de los isquiotibiales.

En febrero, la fuerza concéntrica media del cuádriceps era de 620.29N para el conjunto de la población estudiada (+6.04%), 636.72 para el grupo Q (+5.88%) y 609.34 para el grupo ISQ+Q (+6.15%), distribuyéndose los valores en un rango comprendido entre 467.51 y 728.92 (N=18).

5.1.6 Ratio ISQ/Q como indicador del disbalance muscular agonista-antagonista de la pierna dominante (Tabla 8)

Para la interpretación del ratio ISQ/Q, consideraremos que diferencias de fuerza entre agonista y antagonista mayores a un 20% son indicativas de un riesgo de lesión importante de la musculatura isquiotibial (51). Por lo tanto, un ratio ISQ/Q < 0.80 supondrá un riesgo para nuestro sujetos.

Tabla 8: Análisis descriptivo del ratio ISQ/Q (pierna dominante)

	MEDIA		MINIMO		MÁXIMO		DESVEST	
	ENE	FEB	ENE	FEB	ENE	FEB	ENE	FEB
18 (Todos)	0.69	0.67	0.50	0.50	0.92	0.84	0.12	0.10
9 Grupo Q	0.70	0.72	0.66	0.56	0.76	0.84	0.04	0.11
9 Grupo ISQ+Q	0.69	0.64	0.50	0.50	0.92	0.73	0.16	0.08

En enero, el ratio ISQ/Q medio era de 0.69 para el conjunto de la población estudiada (N=18), 0.70 para el grupo Q y 0.69 para el grupo ISQ+Q, lo cual nos indica que la población estudiada presentaba un importante disbalance muscular agonista-antagonista antes de la intervención. De los dieciocho jugadores, tan sólo dos presentaban un ratio ISQ/Q > 0.80, siendo 0.92 el ratio máximo. En cuanto a los valores más bajos, hasta cuatro jugadores presentaban un ratio ISQ/Q inferior a 0.55.

El coeficiente de variación de Pearson era de 6.38 para el grupo Q pero de 22.83 para el grupo ISQ+Q lo cual indica que el grupo ISQ+Q presentaba una mayor variabilidad en relación a la media que el grupo Q.

En febrero, el ratio ISQ/Q medio era de 0.67 para el conjunto de la población (-2.90%), 0.72 para el grupo Q (+2.86%) y 0.64 para el grupo ISQ+Q (-7.25%). Dos jugadores presentaban un ratio ISQ/Q < 0.55 (eran cuatro en la pre-intervención) y dos jugadores presentaban un ratio ISQ/Q > 0.80 (los mismos que en la pre-intervención). Sin embargo, los valores medios alcanzados post-intervención mantienen a nuestros sujetos en una situación de riesgo de sufrir lesión de isquiotibiales por disbalance muscular agonista-antagonista (ratio ISQ/Q < 0.80).

5.2 ANÁLISIS ESTADÍSTICO

Comprobación de la normalidad mediante prueba de Kolmogorov-Smirnov.

Para comprobar la hipótesis nula de que la muestra estudiada ha sido extraída de una población con distribución de probabilidad normal, llevaremos a cabo, previamente a cualquier otro tipo de análisis estadístico, la prueba de Kolmogorov-Smirnov.

En ella, un valor de p superior a $\alpha = 0.05$ indica que las dos distribuciones comparadas no son significativamente diferentes y que provienen de una distribución normal por lo que proseguiremos el contraste de hipótesis con una prueba t-student.

Contraste de hipótesis mediante prueba t-student

En el caso de comparar los resultados pre y post-control o pre y post-intervención de un mismo grupo, se realizará una prueba t-student para muestras apareadas o relacionadas.

En el caso de comparar los resultados obtenidos por cada uno de los dos grupos, se realizará una prueba t-student para muestras independientes.

En ambos casos, estableceremos dos hipótesis. La hipótesis nula (H_0) donde las medias son iguales en los dos momentos, en el caso de comparar los resultados pre y post de un mismo grupo, o en los dos grupos, en el caso de comparar los resultados obtenidos por los diferentes grupos; y la hipótesis alternativa (H_a) donde las medias son distintas en los dos momentos o en los dos grupos. Se realizará una prueba t-student unilateral cuando se sospeché que los resultados cambiarán hacia una única dirección (incremento de flexibilidad después de la intervención con FR, por ejemplo) y una prueba t-student bilateral cuando se tenga mayores dudas en cuanto a la dirección que puedan tomar los resultados (modificación del ratio ISQ/Q después de la intervención con FR, por ejemplo).

En la prueba t-student, un valor de p inferior al nivel de significación $\alpha = 0.05$ indica que se debe rechazar la hipótesis nula H_0 y aceptar la hipótesis alternativa H_a ya que existe una diferencia significativa entre los resultados analizados.

5.2.1 Datos demográficos y antropométricos (Tabla 9)

Tabla 9: Prueba de Kolmogorov-Smirnov y prueba t-student para los datos demográficos y antropométricos de los participantes al inicio del estudio

VARIABLE	GRUPO	MEDIA	DESVEST	PRUEBA DE KOLMOGOROV-SMIRNOV	PRUEBA t-STUDENT
EDAD	Q	25.00	6.40	0.844	Significancia bilateral 0.932
	ISQ+Q	24.67	3.56		
ALTURA (cm)	Q	177.40	7.52	0.580	Significancia bilateral 0.836
	ISQ+Q	178.33	2.44		
PESO (kg)	Q	71.52	9.70	0.238	Significancia bilateral 0.912
	ISQ+Q	72.17	3.36		
% GRASA	Q	10.24	2.29	0.844	Significancia bilateral 0.868
	ISQ+Q	10.52	1.75		
% MASA MUSCULAR	Q	60.72	8.02	0.591	Significancia bilateral 0.852
	ISQ+Q	61.62	2.92		

Comprobación de la normalidad mediante prueba de Kolmogorov-Smirnov

En cada una de las variables de las que disponíamos, el valor de $p > \alpha = 0.05$ indica que los dos grupos (grupo Q y grupo ISQ+Q) no son significativamente diferentes y que provienen de una distribución normal por lo que proseguiremos el contraste de hipótesis con una prueba t-student.

Contraste de hipótesis mediante prueba t-student

Después de haber realizado una prueba t-student bilateral para muestras independientes para conocer si existen diferencias significativas entre ambos grupos en cuanto a datos demográficos y antropométricos, se acepta la hipótesis nula (H_0): No hay diferencia significativa. Ello ocurre debido a que se obtiene, en cada una de las variables estudiadas, una significancia bilateral $p > \alpha = 0.05$.

Al inicio del estudio, no existen diferencias significativas de edad, altura, peso, porcentaje de grasa y porcentaje de masa muscular entre los sujetos del grupo Q y los sujetos del grupo ISQ+Q.

5.2.2 Asistencia durante el periodo de intervención con Foam Roller (Tabla 10)

Tabla 10: Prueba de Kolmogorov-Smirnov y prueba t-student para la asistencia durante el periodo de intervención con Foam Roller

VARIABLE	GRUPO	MEDIA	DESVEST	PRUEBA DE KOLMOGOROV-SMIRNOV	PRUEBA t-STUDENT
ASISTENCIA	Q	17.00	1.00	0.645	Significancia bilateral 0.493
	ISQ+Q	16.33	1.86		

Comprobación de la normalidad mediante prueba de Kolmogorov-Smirnov

El valor de $p(0.645) > \alpha = 0.05$ indica que los dos grupos (grupo Q y grupo ISQ+Q) no son significativamente diferentes y que provienen de una distribución normal por lo que proseguiremos el contraste de hipótesis con una prueba t-student.

Contraste de hipótesis mediante prueba t-student

Después de haber realizado una prueba t-student bilateral para muestras independientes para conocer si existen diferencias significativas entre ambos grupos en cuanto a la asistencia a las sesiones de FR durante el periodo de intervención, se acepta la hipótesis nula (H_0): No hay diferencia significativa. Ello ocurre debido a que se obtiene una significancia bilateral $p(0.493) > \alpha = 0.05$.

Durante la intervención con FR, podemos decir que la asistencia ha sido la misma para los sujetos del grupo Q y los sujetos del grupo ISQ+Q.

5.2.3 Flexibilidad de los isquiotibiales mediante el Test de Elevación de la pierna recta (SLR)

Tabla 11: Prueba de Kolmogorov-Smirnov y prueba t-student para la flexibilidad de los isquiotibiales pre y post

	VARIABLE	GRUPO	MEDIA	DESVEST	PRUEBA DE KOLMOGOROV-SMIRNOV	PRUEBA t-STUDENT
PERIODO CONTROL	Flexibilidad ISQ Agosto	N=18	55.36	7.99	0.434	Significancia bilateral 0.050
	Flexibilidad ISQ Enero	N=18	60.27	9.00		
INTERVENCION	Flexibilidad ISQ Enero	N=18	60.27	9.00	0.437	Significancia unilateral 0.000
	Flexibilidad ISQ Febrero	N=18	67.73	8.22		
	Flexibilidad ISQ Enero	Q	60.60	11.17	0.873	Significancia unilateral 0.002
	Flexibilidad ISQ Febrero	Q	67.80	8.81		
	Flexibilidad ISQ Enero	ISQ+Q	60.00	7.87	0.416	Significancia unilateral 0.009
	Flexibilidad ISQ Febrero	ISQ+Q	67.67	8.55		

FLEXIBILIDAD DE LOS ISQUIOTIBIALES PRE Y POST-CONTROL (N=18)
(Tabla 11)

Comprobación de la normalidad mediante prueba de Kolmogorov-Smirnov

El valor de $p(0.434) > \alpha = 0.05$ indica que los sujetos (N=18) provienen de una distribución normal por lo que proseguiremos el contraste de hipótesis con una prueba t-student.

Contraste de hipótesis mediante prueba t-student

Después de haber realizado una prueba t-student bilateral para muestras apareadas para conocer si existen diferencias significativas entre la flexibilidad de los isquiotibiales de la pierna dominante medida en agosto a través del SLR (N=18) y la flexibilidad de los isquiotibiales de la pierna dominante medida en enero a través del SLR (N=18), se acepta la hipótesis nula (H_0): No hay diferencia significativa. Ello ocurre debido a que se obtiene una significancia bilateral $p(0.05) = \alpha (0.05)$.

La flexibilidad media de los isquiotibiales ha incrementado un 8.87% entre agosto y enero pero la diferencia no es significativa.

FLEXIBILIDAD DE LOS ISQUIOTIBIALES PRE Y POST-INTERVENCION
(N=18; GRUPO Q; GRUPO ISQ+Q) (Tabla 11)

Comprobación de la normalidad mediante prueba de Kolmogorov-Smirnov

El valor de $p > \alpha = 0,05$ indica que los sujetos (N=18, grupo Q y grupo ISQ+Q) provienen de una distribución normal por lo que proseguiremos el contraste de hipótesis con una prueba t-student.

Contraste de hipótesis mediante prueba t-student

Después de haber realizado una prueba t-student unilateral para muestras apareadas para conocer si existen diferencias significativas entre la flexibilidad de los isquiotibiales de la pierna dominante medida en enero a través del SLR (N=18) y la flexibilidad de los isquiotibiales de la pierna dominante medida en febrero a través del SLR (N=18), se rechaza la hipótesis nula (H_0) y se acepta la hipótesis alternativa (H_a): Hay diferencia

significativa. Ello ocurre debido a que se obtiene una significancia unilateral $p(0.000) < \alpha (0.05)$.

En el conjunto de la población estudiada ($N=18$), la flexibilidad media de los isquiotibiales ha incrementado un 12.37% después de la intervención con FR y la diferencia es significativa.

Después de haber realizado una prueba t-student unilateral para muestras apareadas para conocer si existen diferencias significativas entre la flexibilidad de los isquiotibiales de la pierna dominante medida en enero a través del SLR (grupo Q) y la flexibilidad de los isquiotibiales de la pierna dominante medida en febrero a través del SLR (grupo Q), se rechaza la hipótesis nula (H_0) y se acepta la hipótesis alternativa (H_a): Hay diferencia significativa. Ello ocurre debido a que se obtiene una significancia unilateral $p(0.002) < \alpha (0.05)$.

En el grupo Q, la flexibilidad media de los isquiotibiales ha incrementado un 10.62% después de la intervención con FR y la diferencia es significativa.

Después de haber realizado una prueba t-student unilateral para muestras apareadas para conocer si existen diferencias significativas entre la flexibilidad de los isquiotibiales de la pierna dominante medida en enero a través del SLR (grupo ISQ+Q) y la flexibilidad de los isquiotibiales de la pierna dominante medida en febrero a través del SLR (grupo ISQ+Q), se rechaza la hipótesis nula (H_0) y se acepta la hipótesis alternativa (H_a): Hay diferencia significativa. Ello ocurre debido a que se obtiene una significancia unilateral $p(0.009) < \alpha (0.05)$.

En el grupo ISQ+Q, la flexibilidad media de los isquiotibiales ha incrementado un 12.78% después de la intervención con FR y la diferencia es significativa.

***FLEXIBILIDAD DE LOS ISQUIOTIBIALES PRE-INTERVENCION:
COMPARATIVA DE GRUPOS (Tabla 12)***

Comprobación de la normalidad mediante prueba de Kolmogorov-Smirnov

El valor de $p(0.766) > \alpha = 0.05$ indica que los dos grupos (grupo Q y grupo ISQ+Q) no son significativamente diferentes y que provienen de una distribución normal por lo que proseguiremos el contraste de hipótesis con una prueba t-student.

Contraste de hipótesis mediante prueba t-student

Después de haber realizado una prueba t-student bilateral para muestras independientes para conocer si existen diferencias significativas entre la flexibilidad de los isquiotibiales medida en enero en el grupo Q y la flexibilidad de los isquiotibiales medida en enero en el grupo ISQ+Q, se acepta la hipótesis nula (H_0): No hay diferencia significativa. Ello ocurre debido a que se obtiene una significancia bilateral $p(0.919) > \alpha = 0.05$.

Antes de empezar la intervención con el FR, no hay diferencia significativa entre ambos grupos (grupo Q y grupo ISQ+Q) en cuanto a la flexibilidad de los isquiotibiales de la pierna dominante.

***FLEXIBILIDAD DE LOS ISQUIOTIBIALES POST-INTERVENCION:
COMPARATIVA DE GRUPOS (Tabla 12)***

Comprobación de la normalidad mediante prueba de Kolmogorov-Smirnov

El valor de $p(0,896) > \alpha = 0,05$ indica que los dos grupos (grupo Q y grupo ISQ+Q) no son significativamente diferentes y que provienen de una distribución normal por lo que proseguiremos el contraste de hipótesis con una prueba t-student.

Contraste de hipótesis mediante prueba t-student

Después de haber realizado una prueba t-student bilateral para muestras independientes para conocer si existen diferencias significativas entre la flexibilidad de los isquiotibiales medida en febrero en el grupo Q y la flexibilidad de los isquiotibiales medida en febrero en el grupo ISQ+Q, se acepta la hipótesis nula (H_0): No hay diferencia significativa. Ello ocurre debido a que se obtiene una significancia bilateral $p(0,980) > \alpha = 0,05$.

Al término del periodo de intervención con el FR, no hay diferencia significativa entre ambos grupos (grupo Q y grupo ISQ+Q) en cuanto a la flexibilidad de los isquiotibiales de la pierna dominante.

Tabla 12: Prueba de Kolmogorov-Smirnov y prueba t-student para la flexibilidad de los isquiotibiales según el grupo de intervención

	VARIABLE	GRUPO	MEDIA	DESVEST	PRUEBA DE KOLMOGOROV-SMIRNOV	PRUEBA t-STUDENT
INTERVENCION	Flexibilidad ISQ Enero	Q	60.60	11.17	0.766	Significancia bilateral 0.919
	Flexibilidad ISQ Enero	ISQ+Q	60.00	7.87		
	Flexibilidad ISQ Febrero	Q	67.80	8.81	0.896	Significancia bilateral 0.980
	Flexibilidad ISQ Febrero	ISQ+Q	67.67	8.55		

5.2.4 Flexibilidad del recto anterior mediante el Test de Thomas Modificado (TTM)

Tabla 13: Prueba de Kolmogorov-Smirnov y prueba t-student para la flexibilidad del recto anterior del cuádriceps pre y post

	VARIABLE	GRUPO	MEDIA	DESVEST	PRUEBA DE KOLMOGOROV-SMIRNOV	PRUEBA t-STUDENT
PERIODO CONTROL	Flexibilidad Q Agosto	N=18	52.36	11.77	0.457	Significancia bilateral 0.005
	Flexibilidad Q Enero	N=18	56.00	12.21		
INTERVENCION	Flexibilidad Q Enero	N=18	56.00	12.21	0.990	Significancia unilateral 0.225
	Flexibilidad Q Febrero	N=18	57.09	10.52		
	Flexibilidad Q Enero	Q	55.40	16.40	1.000	Significancia unilateral 0.070
	Flexibilidad Q Febrero	Q	57.60	14.66		
	Flexibilidad Q Enero	ISQ+Q	56.50	11.36	1.000	Significancia unilateral 0.474
	Flexibilidad Q Febrero	ISQ+Q	56.67	9.50		

FLEXIBILIDAD DEL RECTO ANTERIOR DEL CUADRICEPS PRE Y POST-CONTROL (N=18) (Tabla 13)

Comprobación de la normalidad mediante prueba de Kolmogorov-Smirnov

El valor de $p(0.457) > \alpha = 0.05$ indica que los sujetos (N=18) provienen de una distribución normal por lo que proseguiremos el contraste de hipótesis con una prueba t-student.

Contraste de hipótesis mediante prueba t-student

Después de haber realizado una prueba t-student bilateral para muestras apareadas para conocer si existen diferencias significativas entre la flexibilidad del recto anterior del cuádriceps de la pierna dominante medida en agosto a través del TTM (N=18) y la flexibilidad del recto anterior del cuádriceps de la pierna dominante medida en enero a través del TTM (N=18), se rechaza la hipótesis nula (H_0) y se acepta la hipótesis alternativa (H_a): Hay diferencia significativa. Ello ocurre debido a que se obtiene una significancia bilateral $p(0.005) < \alpha (0.05)$.

La flexibilidad media del recto anterior del cuádriceps ha incrementado un 6.95% entre agosto y enero y la diferencia es significativa.

FLEXIBILIDAD DEL RECTO ANTERIOR DEL CUADRICEPS PRE Y POST-INTERVENCION (N=18; GRUPO Q; GRUPO ISQ+Q) (Tabla 13)

Comprobación de la normalidad mediante prueba de Kolmogorov-Smirnov

El valor de $p > \alpha = 0,05$ indica que los sujetos (N=18, grupo Q y grupo ISQ+Q) provienen de una distribución normal por lo que proseguiremos el contraste de hipótesis con una prueba t-student.

Contraste de hipótesis mediante prueba t-student

Después de haber realizado una prueba t-student unilateral para muestras apareadas para conocer si existen diferencias significativas entre la flexibilidad del recto anterior del cuádriceps de la pierna dominante medida en enero a través del TTM (N=18) y la flexibilidad del recto anterior del cuádriceps de la pierna dominante medida en febrero a través del TTM (N=18), se acepta la hipótesis nula (H_0): No hay diferencia significativa. Ello ocurre debido a que se obtiene una significancia unilateral $p(0,225) > \alpha = 0,05$.

En el conjunto de la población estudiada (N=18), la flexibilidad media del recto anterior del cuádriceps ha incrementado un 1.95% después de la intervención con FR pero la diferencia no es significativa.

Después de haber realizado una prueba t-student unilateral para muestras apareadas para conocer si existen diferencias significativas entre la flexibilidad del recto anterior del cuádriceps de la pierna dominante medida en enero a través del TTM (grupo Q) y la flexibilidad del recto anterior del cuádriceps de la pierna dominante medida en febrero a través del TTM (grupo Q), se acepta la hipótesis nula (H_0): No hay diferencia significativa. Ello ocurre debido a que se obtiene una significancia unilateral $p(0,070) > \alpha = 0,05$. En el grupo Q, la flexibilidad media del recto anterior del cuádriceps ha incrementado un 3.97% después de la intervención con FR pero la diferencia no es significativa.

Después de haber realizado una prueba t-student unilateral para muestras apareadas para conocer si existen diferencias significativas entre la flexibilidad del recto anterior del cuádriceps de la pierna dominante medida en enero a través del TTM (grupo ISQ+Q) y la flexibilidad del recto anterior del cuádriceps de la pierna dominante medida en febrero a través del TTM (grupo ISQ+Q), se acepta la hipótesis nula (H_0): No hay diferencia significativa. Ello ocurre debido a que se obtiene una significancia unilateral $p(0,474) > \alpha = 0,05$.

En el grupo ISQ+Q, la flexibilidad media del recto anterior del cuádriceps ha incrementado un 0.30% después de la intervención con FR pero la diferencia no es significativa.

***FLEXIBILIDAD DEL RECTO ANTERIOR DEL CUADRICEPS PRE-
INTERVENCION: COMPARATIVA DE GRUPOS (Tabla 14)***

Comprobación de la normalidad mediante prueba de Kolmogorov-Smirnov

El valor de $p(0.965) > \alpha = 0.05$ indica que los dos grupos (grupo Q y grupo ISQ+Q) no son significativamente diferentes y que provienen de una distribución normal por lo que proseguiremos el contraste de hipótesis con una prueba t-student.

Contraste de hipótesis mediante prueba t-student

Después de haber realizado una prueba t-student bilateral para muestras independientes para conocer si existen diferencias significativas entre la flexibilidad del recto anterior del cuádriceps medida en enero en el grupo Q y la flexibilidad del recto anterior del cuádriceps medida en enero en el grupo ISQ+Q, se acepta la hipótesis nula (H_0): No hay diferencia significativa. Ello ocurre debido a que se obtiene una significancia bilateral $p(0.891) > \alpha = 0.05$.

Antes de empezar la intervención con el FR, no hay diferencia significativa entre ambos grupos (grupo Q y grupo ISQ+Q) en cuanto a la flexibilidad del recto anterior del cuádriceps de la pierna dominante.

FLEXIBILIDAD DEL RECTO ANTERIOR DEL CUADRICEPS POST-INTERVENCION: COMPARATIVA DE GRUPOS (Tabla 14)

Comprobación de la normalidad mediante prueba de Kolmogorov-Smirnov

El valor de $p(0,991) > \alpha = 0,05$ indica que los dos grupos (grupo Q y grupo ISQ+Q) no son significativamente diferentes y que provienen de una distribución normal por lo que proseguiremos el contraste de hipótesis con una prueba t-student.

Contraste de hipótesis mediante prueba t-student

Después de haber realizado una prueba t-student bilateral para muestras independientes para conocer si existen diferencias significativas entre la flexibilidad del recto anterior del cuádriceps medida en febrero en el grupo Q y la flexibilidad del recto anterior del cuádriceps medida en febrero en el grupo ISQ+Q, se acepta la hipótesis nula (H_0): No hay diferencia significativa. Ello ocurre debido a que se obtiene una significancia bilateral $p(0,892) > \alpha = 0,05$.

Al término del periodo de intervención con el FR, no hay diferencia significativa entre ambos grupos (grupo Q y grupo ISQ+Q) en cuanto a la flexibilidad del recto anterior del cuádriceps de la pierna dominante.

Tabla 14: Prueba de Kolmogorov-Smirnov y prueba t-student para la flexibilidad del recto anterior del cuádriceps según el grupo de intervención

	VARIABLE	GRUPO	MEDIA	DESVEST	PRUEBA DE KOLMOGOROV-SMIRNOV	PRUEBA t-STUDENT
INTERVENCION	Flexibilidad Q Enero	Q	55.40	16.40	0.965	Significancia bilateral 0.891
	Flexibilidad Q Enero	ISQ+Q	56.50	11.36		
	Flexibilidad Q Febrero	Q	57.60	14.66	0.991	Significancia bilateral 0.892
	Flexibilidad Q Febrero	ISQ+Q	56.67	9.50		

5.2.5 Ratio ISQ/Q como indicador del disbalance muscular agonista-antagonista

Tabla 15: Prueba de Kolmogorov-Smirnov y prueba t-student para el ratio ISQ/Q pre y post-intervención

	VARIABLE	GRUPO	MEDIA	DESVEST	PRUEBA DE KOLMOGOROV-SMIRNOV	PRUEBA t-STUDENT
INTERVENCION	Ratio ISQ/Q Enero	N=18	0.69	0.12	0.787	Significancia bilateral 0.504
	Ratio ISQ/Q Febrero	N=18	0.67	0.10		
	Ratio ISQ/Q Enero	Q	0.70	0.04	1.000	Significancia bilateral 0.809
	Ratio ISQ/Q Febrero	Q	0.72	0.11		
	Ratio ISQ/Q Enero	ISQ+Q	0.69	0.16	0.474	Significancia bilateral 0.409
	Ratio ISQ/Q Febrero	ISQ+Q	0.64	0.08		

RATIO ISQ/Q PRE Y POST-INTERVENCION (N=18; GRUPO Q; GRUPO ISQ+Q) (Tabla 15)

Comprobación de la normalidad mediante prueba de Kolmogorov-Smirnov

El valor de $p > \alpha = 0,05$ indica que los sujetos (N=18, grupo Q y grupo ISQ+Q) provienen de una distribución normal por lo que proseguiremos el contraste de hipótesis con una prueba t-student.

Contraste de hipótesis mediante prueba t-student

Después de haber realizado una prueba t-student bilateral para muestras apareadas para conocer si existen diferencias significativas entre el ratio ISQ/Q calculado en enero (N=18)

y el ratio ISQ/Q calculado en febrero (N=18), se acepta la hipótesis nula (H_0): No hay diferencia significativa. Ello ocurre debido a que se obtiene una significancia bilateral $p(0,504) > \alpha = 0,05$.

En el conjunto de la población estudiada (N=18), el ratio ISQ/Q de la pierna dominante ha disminuido un 2.90% después de la intervención con FR pero la diferencia no es significativa.

Después de haber realizado una prueba t-student bilateral para muestras apareadas para conocer si existen diferencias significativas entre el ratio ISQ/Q calculado en enero (grupo Q) y el ratio ISQ/Q calculado en febrero (grupo Q), se acepta la hipótesis nula (H_0): No hay diferencia significativa. Ello ocurre debido a que se obtiene una significancia bilateral $p(0,809) > \alpha = 0,05$.

En el grupo Q, el ratio ISQ/Q de la pierna dominante ha incrementado un 2.86% después de la intervención con FR pero la diferencia no es significativa.

Después de haber realizado una prueba t-student bilateral para muestras apareadas para conocer si existen diferencias significativas entre el ratio ISQ/Q calculado en enero (grupo ISQ+Q) y el ratio ISQ/Q calculado en febrero (grupo ISQ+Q), se acepta la hipótesis nula (H_0): No hay diferencia significativa. Ello ocurre debido a que se obtiene una significancia bilateral $p(0,409) > \alpha = 0,05$.

En el grupo ISQ+Q, el ratio ISQ/Q de la pierna dominante ha disminuido un 7.25% después de la intervención con FR pero la diferencia no es significativa.

RATIO ISQ/Q PRE-INTERVENCION: COMPARATIVA DE GRUPOS (Tabla 16)

Comprobación de la normalidad mediante prueba de Kolmogorov-Smirnov

El valor de $p(0.552) > \alpha = 0.05$ indica que los dos grupos (grupo Q y grupo ISQ+Q) no son significativamente diferentes y que provienen de una distribución normal por lo que proseguiremos el contraste de hipótesis con una prueba t-student.

Contraste de hipótesis mediante prueba t-student

Después de haber realizado una prueba t-student bilateral para muestras independientes para conocer si existen diferencias significativas entre el ratio ISQ/Q calculado en enero en el grupo Q y el ratio ISQ/Q calculado en enero en el grupo ISQ+Q, se acepta la hipótesis nula (H_0): No hay diferencia significativa. Ello ocurre debido a que se obtiene una significancia bilateral $p(0.861) > \alpha = 0.05$.

Antes de empezar la intervención con el FR, no hay diferencia significativa entre ambos grupos (grupo Q y grupo ISQ+Q) en cuanto al ratio ISQ/Q de la pierna dominante.

RATIO ISQ/Q POST-INTERVENCION: COMPARATIVA DE GRUPOS (Tabla 16)

Comprobación de la normalidad mediante prueba de Kolmogorov-Smirnov

El valor de $p(0,295) > \alpha = 0,05$ indica que los dos grupos (grupo Q y grupo ISQ+Q) no son significativamente diferentes y que provienen de una distribución normal por lo que proseguiremos el contraste de hipótesis con una prueba t-student.

Contraste de hipótesis mediante prueba t-student

Después de haber realizado una prueba t-student bilateral para muestras independientes para conocer si existen diferencias significativas entre el ratio ISQ/Q calculado en febrero en el grupo Q y el ratio ISQ/Q calculado en febrero en el grupo ISQ+Q, se acepta la hipótesis nula (H_0): No hay diferencia significativa. Ello ocurre debido a que se obtiene una significancia bilateral $p(0.222) > \alpha = 0.05$.

Al término del periodo de intervención con el FR, no hay diferencia significativa entre ambos grupos (grupo Q y grupo ISQ+Q) en cuanto al ratio ISQ/Q de la pierna domina

Tabla 16: Prueba de Kolmogorov-Smirnov y prueba t-student para el ratio ISQ/Q según el grupo de intervención

	VARIABLE	GRUPO	MEDIA	DESVEST	PRUEBA DE KOLMOGOROV-SMIRNOV	PRUEBA t-STUDENT
INTERVENCION	Ratio ISQ/Q Enero	Q	0.70	0.04	0.552	Significancia bilateral 0.861
	Ratio ISQ/Q Enero	ISQ+Q	0.69	0.16		
	Ratio ISQ/Q Febrero	Q	0.72	0.11	0.295	Significancia bilateral 0.222
	Ratio ISQ/Q Febrero	ISQ+Q	0.64	0.08		

6. DISCUSIÓN

A la vista de los resultados obtenidos y analizados en el apartado anterior, podemos decir que el uso del Foam Roller durante un periodo de seis semanas en un grupo de futbolistas masculinos amateurs permite mejorar de forma significativa la flexibilidad a largo plazo de la musculatura isquiotibial. Tanto en el grupo ISQ+Q (+12.78%) como en el grupo Q (+10.62%), la flexibilidad de los isquiotibiales ha incrementado de forma significativa después de la intervención con FR.

Múltiples estudios ya habían demostrado que la auto-liberación miofascial permite incrementar la flexibilidad de la musculatura a corto plazo (1–3) pero los estudios hasta ahora disponibles acerca del efecto del FR sobre la flexibilidad a largo plazo eran contradictorios (19,91). En 2006, Miller y Rockey afirmaban que el FR no incrementaba la flexibilidad de los isquiotibiales, medida con el test de extensión activa de rodilla, después de ocho semanas de un protocolo que consistía en realizar la auto-liberación miofascial con FR en tres tandas de un minuto, tres veces a la semana. Sin embargo, los resultados obtenidos en nuestro trabajo coinciden con los obtenidos en 2015 por Junker y Stöggli (21). Ellos llevaron a cabo un estudio de cuatro semanas en el que cuarenta varones realizaban la auto-liberación miofascial con FR en la musculatura isquiotibial, tres veces a la semana (doce sesiones). Al acabar la intervención, la flexibilidad de los isquiotibiales, medida a través del test de distancia dedos-suelo, había mejorado de forma similar a como lo había hecho en un grupo que había seguido un programa de estiramientos PNF (Facilitación Neuromuscular Propioceptiva), un método científicamente probado.

La aplicación del FR a nivel de la musculatura del cuádriceps supone un incremento de la flexibilidad del grupo muscular antagonista (isquiotibiales) y pensamos que esto es así ya que el FR actúa directamente sobre la fascia, la cual es un todo, no teniendo ni origen ni inserción, y se sabe que el sistema fascial tiene la capacidad de distribuir por todo el cuerpo el efecto de un movimiento gracias a las propiedades de los proteoglicanos de la sustancia fundamental que actúan como lubricantes. Esta capacidad de adaptación de la fascia permite que tanto las lesiones como, en este caso, el proceso de curación se

puedan transmitir de una parte del cuerpo a otra y es probable que la auto-liberación miofascial realizada con el FR pueda desencadenar efectos a distancia.

Este resultado coincide con otros trabajos previos que han demostrado que el FR no tiene porqué aplicarse necesariamente en la musculatura adyacente a la articulación para la cual queremos incrementar el rango de movilidad: Grieve et al. (7) registraron un incremento de la flexibilidad de los isquiotibiales al realizar una técnica de auto-liberación miofascial a nivel de la planta del pie y Cho et al. (3) obtuvieron un resultado similar al intervenir a nivel de la musculatura suboccipital.

Aunque no exista diferencia significativa entre ambos grupos (grupo ISQ+Q y grupo Q) post-intervención, observamos que la mejora de la flexibilidad de los isquiotibiales en el grupo ISQ+Q (+12.78%) es superior a la mejora de la flexibilidad de los isquiotibiales en el grupo Q (+10.62%). Si bien hemos visto que la aplicación del FR surte efectos a distancia, parece ser que la aplicación directa sobre un músculo proporciona una mayor ganancia de flexibilidad de este mismo músculo.

En cuanto a la flexibilidad del cuádriceps, ésta mejora después de aplicar el FR durante un periodo de seis semanas pero el incremento, al contrario de lo ocurrido a nivel de los isquiotibiales, no tiene significancia estadística. En el grupo Q, la flexibilidad del cuádriceps aumentó en un 3.97% mientras que en el grupo ISQ+Q tan sólo mejoró en un 0.30% después de la intervención con FR no existiendo diferencia significativa entre ambos grupos (grupo ISQ+Q y grupo Q) post-intervención. Al aplicarse el FR a nivel del cuádriceps en ambos grupos, cabría esperar que la mejoría fuese la misma. No existe un motivo claro por el cual podamos justificar que el incremento de flexibilidad del cuádriceps en el grupo ISQ+Q sea trece veces menor que en el grupo Q a no ser que fuera determinante el nivel de asistencia de los sujetos a las sesiones de FR. Aunque hemos comentado en el apartado de resultados que no hubo diferencia significativa en cuanto a la asistencia entre ambos grupos, cabe recordar que los jugadores del grupo Q participaron en un 94.44% de las sesiones mientras que los del grupo ISQ+Q faltaron a cerca de un 10% del total de sesiones programadas (90.74% de asistencia). Además, tres de los nueve jugadores del grupo ISQ+Q fueron los que menos sesiones realizaron

(catorce) y, por añadidura, no participaron en las tres últimas sesiones de FR por motivos vacacionales.

Si ésta fuese la explicación a tal diferencia, podríamos pensar que, de asistir con normalidad estos tres jugadores a las últimas sesiones, la flexibilidad del cuádriceps pero también la de los isquiotibiales en el seno del grupo ISQ+Q hubieran mejorado en mayor medida. Además, esta circunstancia nos puede hacer pensar que el efecto conseguido con el FR se pierde rápidamente y se necesita otro estudio para determinarlo.

Si comparamos la ganancia de flexibilidad de la musculatura del cuádriceps (+1.95%) con la ganancia de flexibilidad de los isquiotibiales (+12.37%) en el conjunto de la población estudiada (N=18), observamos que ésta última es seis veces mayor que la primera. Aunque a primera vista los resultados pueden sorprender, es necesario recordar los valores iniciales de nuestros sujetos en cuanto a estas dos variables: tal y como comentamos en el análisis descriptivo de los resultados, la flexibilidad media de los isquiotibiales al inicio del estudio era de 55.36° (N=18), la cual, según Santonja (90), era sinónimo de un acortamiento de grado II de la musculatura isquiotibial y en ese momento, ningún jugador presentaba valores normales (>75°) y hasta once de ellos (61.11%) no superaban los 60° de elevación en el SLR (cortedad de grado II). En enero, después de realizar la rutina de estiramientos correspondiente al periodo control y antes de empezar la intervención con FR, la flexibilidad media de los isquiotibiales era de 60.27° (N=18), acercándose este valor al valor de corte para considerarse el acortamiento de grado I (90). Sin embargo, ocho jugadores (44.44%) seguían sin superar los 60° de elevación en el SLR (cortedad de grado II).

En cuanto a la flexibilidad del recto anterior del cuádriceps, al inicio del estudio era de 52.36° y antes de la intervención con FR era de 56° (N=18). Según Gabbe et al. (60), estos valores no corresponden a un nivel de acortamiento del recto femoral relevante para que pueda suponer un riesgo de sufrir una lesión de los isquiotibiales.

Como vemos, el estado de acortamiento de los grupos musculares valorados, tanto al inicio del estudio como en las pruebas pre-intervención, no es comparable, siendo el acortamiento de la musculatura isquiotibial mucho más relevante y preocupante que el del recto anterior del cuádriceps. Podemos intuir que los niveles iniciales de flexibilidad pueden haber influido en los resultados alcanzados: la magnitud del acortamiento de los

isquiotibiales pre-intervención permite que mejore su flexibilidad en mayor medida en comparación con el recto anterior del cuádriceps que no presentaba un acortamiento tan llamativo.

En conclusión, podríamos decir que a mayor nivel de acortamiento de un músculo, mayor será la ganancia de flexibilidad después de aplicar el FR durante un periodo de seis semanas.

En cuanto a los desbalances musculares, podemos decir que el uso del Foam Roller durante un periodo de seis semanas en un grupo de futbolistas masculinos amateurs no aporta cambios significativos al ratio ISQ/Q.

En el grupo Q, el ratio ISQ/Q aumentó un 2.86% lo cual supone un menor riesgo de lesión de la musculatura isquiotibial pero el cambio no es significativo y en el grupo ISQ+Q, el ratio ISQ/Q disminuyó un 7.25% pero tampoco lo hizo de forma significativa.

Una de las hipótesis de nuestro trabajo era que la aplicación del FR exclusivamente a nivel de la musculatura del cuádriceps podría reducir la rigidez de este músculo y permitir a los isquiotibiales desarrollar una mayor fuerza debido a la relación existente entre agonista y antagonista. A la vista de los resultados presentados en el apartado del análisis descriptivo, vemos como, en el grupo Q, la fuerza de los isquiotibiales aumentó en un 8.12% mientras que la fuerza del cuádriceps (musculatura tratada con el FR) aumentaba en menor medida (+5.87%) lo cual permitió mejorar el ratio ISQ/Q, aunque no de forma significativa.

En el grupo ISQ+Q, la fuerza del cuádriceps aumentó de forma muy similar a como lo hizo en el grupo Q (+6.15%) pero la fuerza excéntrica de los isquiotibiales disminuyó (-1.59%) lo cual puede significar que la aplicación del FR tanto a nivel del antagonista como del agonista es contraproducente si tenemos como objetivo incrementar la fuerza del agonista.

Para poder llegar a una conclusión en cuanto al efecto del Foam Roller sobre la capacidad contráctil, sería necesario desarrollar un nuevo estudio en el que podamos contar con un grupo ISQ en el que sólo se aplicaría el FR a nivel de la musculatura isquiotibial para comprobar si, siguiendo este nuevo protocolo, conseguimos un incremento de fuerza del recto anterior del cuádriceps por encima del incremento de fuerza de la musculatura tratada (isquiotibiales). De ser así, podríamos concluir que la aplicación del Foam Roller

durante un periodo de seis semanas en un grupo de futbolistas masculinos amateurs permite mejorar la fuerza de la musculatura tratada y en mayor medida de su musculatura antagonista pudiendo influir en los desbalances musculares aunque los cambios obtenidos no son significativos y que la aplicación del Foam Roller de forma combinada a nivel del agonista y del antagonista no es recomendable si queremos mejorar el ratio ISQ/Q.

Sin embargo, no podemos negar que estos resultados no son del todo coherentes con nuestra primera hipótesis: pensábamos inicialmente que la aplicación del FR a nivel de un grupo muscular podría mejorar la flexibilidad de este músculo y permitir al antagonista desarrollar mayor fuerza. Sin embargo, hemos visto como la aplicación del FR en el grupo Q incrementa en mayor medida la flexibilidad de los isquiotibiales en comparación con la del cuádriceps por lo que, según nuestra hipótesis, el cuádriceps debería ser el músculo que más aumente su fuerza contráctil lo cual se debería traducir en una disminución del ratio ISQ/Q. En realidad, la aplicación del FR a nivel del cuádriceps (grupo Q) produce un mayor incremento de la flexibilidad así como de la fuerza contráctil de los isquiotibiales en relación al cuádriceps y creemos que esto se debe, como ya hemos comentado, al estado pre-estudio de cada grupo muscular, el cual les confiere a los isquiotibiales un mayor margen de mejora.

A día de hoy, no se encuentran estudios que hayan valorado el efecto a largo plazo del FR sobre el ratio ISQ/Q. Tan sólo algunos trabajos han medido el efecto, siempre a corto plazo, de la auto-liberación miofascial sobre variables condicionantes del rendimiento deportivo. Sullivan (1) no encontró cambios significativos en la contracción voluntaria máxima de la musculatura isquiotibial después de aplicar el FR por una duración de cinco o diez segundos. Según Peacock (12), la potencia, la agilidad, la fuerza y la velocidad incrementan inmediatamente después de la aplicación del FR, resultados opuestos a los encontrados por Healey et al. (13) que midió variables como la altura de salto vertical, la fuerza isométrica y la agilidad después de aplicar el FR y no encontró mejora significativa. En un estudio publicado en febrero de 2017, Monteiro et al. (92) observó que la fuerza-resistencia del cuádriceps, medida a través del número máximo de repeticiones realizadas en una maquina extensora de piernas, disminuye después de aplicar el FR en los isquiotibiales por lo que no recomienda el uso del FR a nivel de la musculatura antagonista antes de realizar un trabajo de fuerza-resistencia del grupo muscular agonista.

El vacío de conocimiento científico se ve reflejado entre tantas contradicciones y el presente trabajo no ha permitido aclarar las dudas existentes por lo que más investigaciones son necesarias para determinar el efecto a largo plazo del FR sobre la capacidad contráctil y los desbalances musculares.

Aunque en ninguna de las variables (flexibilidad de los isquiotibiales, flexibilidad del cuádriceps y ratio ISQ/Q) exista diferencia significativa entre los dos grupos (grupo Q y grupo ISQ+Q), parece más recomendable aplicar el Foam Roller exclusivamente a nivel del cuádriceps ya que con este protocolo conseguimos un incremento significativo de la flexibilidad de los isquiotibiales (+10.62%) así como un aumento de la flexibilidad del recto anterior del cuádriceps (+3.97%) y una mejoría del ratio ISQ/Q (+2.86%). Este resultado es interesante en el sentido que los beneficios alcanzados son mayores con un protocolo que requiere un menor tiempo de aplicación (1' en cuádriceps vs 1' en cuádriceps + 1' isquiotibiales).

Recordemos que todavía no existe consenso en cuanto al protocolo de uso del FR y más estudios son necesarios para definir el tiempo de aplicación idóneo.

Además de medir el efecto del FR sobre la flexibilidad y el ratio ISQ/Q, uno de los objetivos secundarios de nuestro trabajo era valorar la eficacia de una rutina de estiramientos pasivos analíticos enfocados a la musculatura de las extremidades inferiores en cuanto a su efecto sobre la flexibilidad del cuádriceps y de los isquiotibiales.

Los resultados obtenidos al término del periodo control nos indican que el cumplimiento de la rutina de estiramientos descrita en el apartado de metodología tres veces a la semana durante cinco meses permite mejorar la flexibilidad del cuádriceps (+6.95%) de forma significativa y la flexibilidad de los isquiotibiales (+8.87%) aunque no de forma significativa en un grupo de futbolistas masculinos amateurs.

Si comparamos los resultados alcanzados durante el periodo control de cinco meses con los resultados correspondientes al periodo de intervención con FR de una duración de seis semanas, observamos que la aplicación del FR incrementa notablemente la capacidad de mejorar la flexibilidad de los isquiotibiales en el conjunto de la población: la flexibilidad de los isquiotibiales mejoró un 8.87% durante el periodo control de cinco meses y un 12.37% (N=18) tras las seis semanas de intervención con FR.

Al contrario, la mejora de flexibilidad del cuádriceps fue mayor, y significativa, durante el periodo control (6.95%) en comparación con el periodo de intervención con FR (1.95%) en el conjunto de la población estudiada (N=18). Como ya comentamos anteriormente, es probable que los niveles iniciales de acortamiento de la musculatura condicione la capacidad de mejorar su flexibilidad y en este sentido pensamos que el periodo de intervención de seis semanas no fue lo suficientemente largo, en el caso del cuádriceps, para alcanzar los resultados conseguidos en cinco meses con la rutina de estiramientos. En conclusión, podríamos decir que cuanto más acortado se encuentre un músculo, antes se beneficiará del FR en cuanto a flexibilidad a largo plazo.

Limitaciones del estudio

El estudio se realizó con un equipo de futbolistas amateurs y de los veintitrés jugadores que formaban la plantilla en agosto tan sólo dieciocho pudieron completar el protocolo hasta el final. Disponíamos por lo tanto de una muestra pequeña, formada por jugadores de fútbol, todos varones, y en este sentido nuestros resultados no son extrapolables a la población en general ni a grupos poblacionales más grandes, ni probablemente tampoco a mujeres futbolistas, a otros deportes o a futbolistas profesionales.

Además, el obtener resultados estadísticamente significativos está parcialmente condicionado al tamaño de la muestra y un tratamiento puede resultar clínicamente relevante en ausencia de una significancia estadística. Para determinarlo, sería necesario calcular el índice del tamaño del efecto (ITE) propuesto por Cohen.

Al disponer de tan pocos jugadores, no se pudo contar con un grupo control ya que un objetivo secundario del estudio era el de comparar dos protocolos distintos de aplicación del FR. Para paliar este aspecto, se decidió realizar un periodo control de cerca de cinco meses, de agosto a enero, durante el cual los sujetos se sometieron a una sesión grupal supervisada de estiramientos al acabar cada uno de los tres entrenamientos semanales. El objetivo de este periodo no era otro que valorar el efecto de la rutina de estiramientos en cuanto a flexibilidad del recto anterior del cuádriceps y de los isquiotibiales, para después poder comparar los resultados obtenidos al usar además el Foam Roller. Sin embargo, al realizar las primeras mediciones al inicio de la pretemporada, después de un periodo

vacacional en el que la carga de actividad física es muy variable de un jugador a otro, y en enero, más de cinco meses más tarde, meses durante los cuales la carga de entrenamiento ha ido variando también, creemos que los resultados pueden haberse visto afectados por factores externos como la ocupación del sujeto (estudiante o trabajador, tipo de actividad laboral, horas sentado), el desarrollo de otras actividades físicas (como ocio o a nivel competitivo), los minutos de entrenamiento y de juego de cada uno, etc... Estos mismos factores externos que no nos fue posible controlar también pueden haber influido en los resultados obtenidos durante la intervención con FR: si bien todos los jugadores siguieron un mismo protocolo, acorde al grupo al que pertenecían (grupo Q o grupo ISQ+Q), no se realizó ningún tipo de control de los factores externos anteriormente mencionados favoreciendo que exista variabilidad entre jugadores.

En cuanto a la metodología utilizada, el uso del dinamómetro manual para medir la fuerza excéntrica de los isquiotibiales puede haber influido en los resultados. Aunque el dinamómetro ha mostrado una excelente fiabilidad y altos coeficientes de correlación intraclase para la medición de la fuerza excéntrica de los isquiotibiales y que parece existir una correlación significativa ($p < 0.001$) entre las mediciones obtenidas con el dinamómetro manual y las obtenidas con un isocinético (72), creemos que hubiera sido más conveniente medir la fuerza excéntrica de esta musculatura mediante un isocinético. Si hubiéramos podido disponer de un isocinético, el ratio ISQ/Q hubiera sido mucho más exacto pudiéndolo calcular tal y como lo recomienda la literatura (51) esto es, a partir del torque máximo excéntrico de los isquiosurales (a una velocidad de $30^\circ/s$) y del torque máximo concéntrico del cuádriceps (a una velocidad de $240^\circ/s$).

Otra limitación relacionada con la medición dinamométrica es que no se ha utilizado una fijación externa para el dinamómetro manual. Tal y como se ha explicado en la metodología, una limitación de este método es la fuerza del examinador con respecto a la fuerza del grupo muscular testado. Para que el test sea válido, la fuerza del examinador debe ser suficiente como para afrontar la fuerza producida por el sujeto (10,11).

En un estudio publicado en 2013, Thorborg et al. (76) concluyó que el uso de una fijación externa podría eliminar la influencia de la fuerza del evaluador. Al no disponer del material necesario para nuestro estudio, se buscó minimizar los errores de mediciones colocándose el investigador en posición de ventaja con respecto al sujeto a la hora de

realizar las mediciones (apoyando la espalda contra una pared o aprovechándose del peso corporal) y haciendo la media de tres mediciones, las cuales se daban por válidas cuando la diferencia entre ellas no superaba el 10%.

Siguiendo con las pruebas de fuerza, éstas se realizaron sin calentamiento previo y varios jugadores mostraron su preocupación ante la idea de realizar una prueba de fuerza máxima en tales condiciones por lo que entendemos que no se entregaron al máximo.

Para realizar la exploración clínica de la flexibilidad de la musculatura isquiosural, optamos por utilizar el Test de elevación de la pierna recta (SLR) por ser el más recomendado de entre todos los tests clínicos existentes (86–88). Sin embargo, no resultó fácil controlar la implicación de la pelvis y del raquis lumbar durante la realización del test lo cual puede haber tenido una influencia sobre los resultados. Además, a la hora de realizar el análisis de las imágenes con el software informático Kinovea, observamos cómo se producía una compensación sistemática bien sea en forma de flexión de cadera de la pierna contralateral o mediante basculación pélvica, y en todos los casos esto ocurría antes de que el sujeto nos indicara que notaba tirantez o dolor localizado en la corva o porción posterior del muslo. Para tratar de ser lo más objetivos posible, decidimos realizar la medición en el instante en el que la basculación de la pelvis se podía apreciar.

Posibles líneas futuras de investigación

Como ya hemos comentado previamente, sería de nuestro interés reproducir esta misma intervención con un número mayor de participantes lo cual nos permitiría formar cuatro grupos: un grupo Q y un grupo ISQ+Q pero también un grupo ISQ y un grupo control. Al contar con un grupo control, las mejoras y los cambios significativos se podrían atribuir directamente a la intervención realizada. Además, el disponer de un grupo en el que sólo se aplique el FR en el cuádriceps y otro grupo en el que sólo se aplique el FR en los isquiotibiales nos ayudaría a aclarar si el FR conlleva mayor efecto, en cuanto a flexibilidad pero también a capacidad contráctil, en el grupo muscular opuesto a donde se aplica (en el grupo Q, hubo mayor mejora de ambas variables a nivel de los isquiotibiales)

o si, independientemente de la localización de la aplicación, las mejoras obtenidas están condicionadas al estado inicial de acortamiento del músculo (mayor mejora a mayor estado de acortamiento del músculo). Para confirmar que el FR surte mayor efecto a mayor grado de acortamiento de un músculo, podríamos también trasladar este estudio a otros grupos de deportistas cuya actividad conlleva perfiles de desbalances musculares diferentes.

Se sabe que el FR permite mejorar la flexibilidad a corto plazo y que la ganancia de flexibilidad se mantiene hasta diez minutos después del auto-masaje (2,4–6) pero desconocemos si la ganancia de flexibilidad a largo plazo alcanzada en nuestro estudio se mantiene en el tiempo. Se podría realizar un seguimiento a los tres o seis meses después de acabar la intervención de seis semanas con FR, para valorar de nuevo la flexibilidad del recto anterior del cuádriceps y de los isquiotibiales y determinar si los beneficios en cuanto a flexibilidad a largo plazo son duraderos.

En un estudio llevado a cabo en 2014, Mohr et al. (19) observó que la flexibilidad de los isquiotibiales incrementaba después de seis sesiones de FR en asociación con un estiramiento analítico de esta musculatura pero que el FR por sí solo no tenía efecto sobre la flexibilidad de los isquiotibiales. En nuestro trabajo, la aplicación del FR también se realizó a la par que la rutina de estiramiento por lo que podríamos plantear otro estudio para confrontar los dos protocolos: FR + estiramiento y sólo FR.

Puesto que proponemos el Foam Roller como una nueva herramienta para la prevención de lesiones de los isquiotibiales y que pretendemos que se use a lo largo de toda la temporada, en complemento de la rutina de estiramientos, sería interesante realizar un estudio de mayor duración (intervención de diez meses), con un protocolo de aplicación único y un grupo control que no use el FR. De esta manera, podremos atribuir las mejoras y los cambios significativos directamente a la intervención realizada y además podremos valorar la respuesta del recto anterior del cuádriceps en un contexto de aplicación real (a lo largo de toda la temporada).

7. CONCLUSIÓN

Las lesiones de la musculatura isquiotibial son especialmente frecuentes en el fútbol y muy problemáticas por su alto riesgo de recidiva. Sufrir una lesión de este tipo, mantiene al deportista alejado de los terrenos de juego por una duración variable pero puede afectar además su posterior rendimiento deportivo. En este sentido, disponer de unas correctas estrategias preventivas enfocadas al control de los factores de riesgo es fundamental para el fisioterapeuta. El ejercicio del *Nordic hamstring* para mejorar la fuerza excéntrica de los isquiosurales o el protocolo de Askling (93,94) basado en ejercicios de carga de la musculatura isquiotibial en estado de alargamiento son de uso habitual en el ámbito deportivo. En marzo de este año, Mendiguchia et al. (95) publicó un algoritmo multifactorial e individualizado para el tratamiento de la lesión de los isquiotibiales que conlleva una disminución del riesgo de recidiva y debería ser utilizado preferentemente.

Con el presente trabajo queríamos determinar si una herramienta como el Foam Roller, la cual permite realizar la auto-liberación miofascial, podía influir sobre los principales factores de riesgo extrínsecos de la lesión de los isquiotibiales, estos son déficit de flexibilidad de los isquiosurales, déficit de flexibilidad del recto anterior del cuádriceps y desbalances musculares, pudiendo recomendarse su uso para la prevención de este tipo de lesión.

Los resultados obtenidos al respecto sugieren lo siguiente:

- × El uso del Foam Roller durante un periodo de seis semanas en un grupo de futbolistas masculinos amateurs permite mejorar de forma significativa la flexibilidad a largo plazo de la musculatura isquiotibial. La mejora se consigue aplicando el FR en la musculatura antagonista (cuádriceps) y en mayor medida cuando se aplica en la musculatura agonista (isquiotibiales).

- × En este estudio, el FR no permitió incrementar la flexibilidad del recto anterior del cuádriceps y sugerimos que esto fue así debido a que el periodo de intervención de seis semanas no fue lo suficientemente largo teniendo en cuenta que este grupo muscular no mostraba grandes niveles de acortamiento iniciales y por lo tanto su margen de mejoría estaba reducido en comparación con los isquiotibiales que presentaban un acortamiento de grado II al inicio del estudio.

- × La aplicación del FR durante un periodo de seis semanas no aportó cambios significativos al ratio ISQ/Q por lo que, de momento, no podemos recomendar su uso para la corrección de los desbalances musculares. Reproducir este estudio haciendo uso de un material de medición más apropiado (isocinético) podría proporcionar resultados distintos, a favor del FR.

- × Aunque todavía no exista consenso en cuanto al protocolo de uso del FR, nuestros resultados sugieren que su aplicación exclusivamente a nivel del cuádriceps es más eficiente en el control de los factores de riesgo anteriormente mencionados.

- × Si bien los efectos a corto plazo del FR han sido demostrados (1-7,12-14,17,18,23,24), investigaciones futuras son fundamentales para determinar su efecto a largo plazo y poder, o no, recomendar el Foam Roller como una nueva herramienta para la prevención de las lesiones de isquiotibiales.

8. AGRADECIMIENTOS

Septiembre de 2012-junio de 2017. Cerca de cinco años haciendo lo posible y sobre todo lo imposible para conciliar estudios, trabajos, vida social y personal.

En este Trabajo Fin de Grado elaborado en la Universidad Pública de Navarra queda plasmado cerca de un año de trabajo personal pero sobra decir que no hubiera sido posible llevarlo a cabo sin la ayuda y la colaboración de numerosas personas.

En primer lugar, agradecer a mi tutor, Juan Luis Paredes Jiménez, por sus consejos, críticas y su apoyo durante todo este tiempo así como por su capacidad y sus ganas de transmitir sus valiosos conocimientos, tanto dentro como fuera del aula.

Mi profundo agradecimiento al Club Deportivo Aluvión de Cascante y a sus directivos por la confianza depositada en mi desde hace cuatro años y por permitirme realizar este proyecto de investigación en sus instalaciones y con sus jugadores.

A la plantilla 2016-2017 del equipo de Autonómica de Navarra del C.D. Aluvión de Cascante, darles las gracias, de todo corazón. Fueron los actores principales de este estudio y siempre recordaré a este gran grupo humano y a su entrenador, y amigo mío, Arkaitz Lantada Arana, cuyo respaldo ha sido primordial durante esta temporada.

Un agradecimiento muy especial a mi novio, Rubén Navarro Marcilla, por su apoyo durante los últimos años de carrera y por su paciencia y su templanza en los momentos más difíciles.

A mis padres que siempre se han preocupado de que no me faltara de nada y que mis sueños estén a mi alcance, y que lo siguen haciendo a pesar de la distancia que nos separa desde hace más de 10 años.

A mi hermana, cuñado y sobrinos a los que pido perdón por mis largas ausencias.

A aquellos profesores que, durante mis estudios primarios, secundarios y universitarios, marcaron mi vida con sus conocimientos y valores; y una mención especial al Doctor Juan Luis Zunzunegui, que en paz descanse, por volver a despertar mi interés por las Ciencias de la Salud y sin el cual hoy, probablemente, ninguna de estas líneas se habrían escrito.

Por último, a todas aquellas personas que han confiado en mí en algún momento de su vida y a las que espero no haber defraudado, y también a las que colocaron piedras en el camino, darles las gracias porque todas ellas son las que me hicieron más fuerte.

9. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. Sullivan KM, Silvey DB, Button DC, Behm DG. Roller-massager application to the hamstrings increases sit-and-reach range of motion within five to ten seconds without performance impairments. *Int J Sports Phys Ther.* 2013 Jun;8(3):228–36.
2. MacDonald GZ, Penney MDH, Mullaley ME, Cuconato AL, Drake CDJ, Behm DG, et al. An Acute Bout of Self-Myofascial Release Increases Range of Motion Without a Subsequent Decrease in Muscle Activation or Force: *J Strength Cond Res.* 2013 Mar;27(3):812–21.
3. Cho S-H, Kim S-H, Park D-J. The comparison of the immediate effects of application of the suboccipital muscle inhibition and self-myofascial release techniques in the suboccipital region on short hamstring. *J Phys Ther Sci.* 2015;27(1):195–7.
4. Halperin I, Aboodarda SJ, Button DC, Andersen LL, Behm DG. Roller massager improves range of motion of plantar flexor muscles without subsequent decreases in force parameters. *Int J Sports Phys Ther.* 2014 Feb;9(1):92–102.
5. Jay K, Sundstrup E, Søndergaard SD, Behm D, Brandt M, Særvoll CA, et al. Specific and cross over effects of massage for muscle soreness: randomized controlled trial. *Int J Sports Phys Ther.* 2014 Feb;9(1):82–91.
6. Škarabot J, Beardsley C, Štirn I. Comparing the effects of self-myofascial release with static stretching on ankle range-of-motion in adolescent athletes. *Int J Sports Phys Ther.* 2015 Apr;10(2):203–12.
7. Grieve R, Goodwin F, Alfaki M, Bourton A-J, Jeffries C, Scott H. The immediate effect of bilateral self myofascial release on the plantar surface of the feet on hamstring and lumbar spine flexibility: A pilot randomised controlled trial. *J Bodyw Mov Ther.* 2015 Jul;19(3):544–52.
8. Behm DG, Chaouachi A. A review of the acute effects of static and dynamic stretching on performance. *Eur J Appl Physiol.* 2011 Nov;111(11):2633–51.
9. Kallerud H, Gleeson N. Effects of Stretching on Performances Involving Stretch-Shortening Cycles. *Sports Med.* 2013 Aug;43(8):733–50.
10. Kay AD, Blazeovich AJ. Effect of Acute Static Stretch on Maximal Muscle Performance: A Systematic Review. *Med Sci Sports Exerc.* 2012 Jan;44(1):154–64.
11. Simic L, Sarabon N, Markovic G. Does pre-exercise static stretching inhibit maximal muscular performance? A meta-analytical review: Acute static stretching and performance. *Scand J Med Sci Sports.* 2013 Mar;23(2):131–48.

12. Peacock CA, Krein DD, Silver TA, Sanders GJ, von Carlowitz KPA. An Acute Bout of Self-Myofascial Release in the Form of Foam Rolling Improves Performance Testing. *International Journal of Exercise Science*: Vol 7: Iss 3, Article 5 [Internet]. 2014; Available from: <http://digitalcommons.wku.edu/ijes/vol7/iss3/5>
13. Healey KC, Hatfield DL, Blanpied P, Dorfman LR, Riebe D. The Effects of Myofascial Release With Foam Rolling on Performance: *J Strength Cond Res*. 2014 Jan;28(1):61–8.
14. Behara B, Jacobson BH. The acute effects of deep tissue foam rolling and dynamic stretching on muscular strength, power, and flexibility in division I linemen. *J Strength Cond Res*. 2015 Jun;1.
15. Lewis PB, Ruby D, Bush-Joseph CA. Muscle Soreness and Delayed-Onset Muscle Soreness. *Clin Sports Med*. 2012 Apr;31(2):255–62.
16. Cheung K, Hume P, Maxwell L. Delayed onset muscle soreness : treatment strategies and performance factors. *Sports Med Auckl NZ*. 2003;33(2):145–64.
17. MacDonald GZ, Button DC, Drinkwater EJ, Behm DG. Foam Rolling as a Recovery Tool after an Intense Bout of Physical Activity: *Med Sci Sports Exerc*. 2014 Jan;46(1):131–42.
18. Pearcey GEP, Bradbury-Squires DJ, Kawamoto J-E, Drinkwater EJ, Behm DG, Button DC. Foam Rolling for Delayed-Onset Muscle Soreness and Recovery of Dynamic Performance Measures. *J Athl Train*. 2015 Jan;50(1):5–13.
19. Mohr AR, Long BC, Goad CL. Effect of Foam Rolling and Static Stretching on Passive Hip-Flexion Range of Motion. *J Sport Rehabil*. 2014 Nov;23(4):296–9.
20. Bushell JE, Dawson SM, Webster MM. Clinical Relevance of Foam Rolling on Hip Extension Angle in a Functional Lunge Position. *J Strength Cond Res*. 2015 Sep;29(9):2397–403.
21. Junker DH, Stöggl TL. The Foam Roll as a Tool to Improve Hamstring Flexibility. *J Strength Cond Res*. 2015 Dec;29(12):3480–5.
22. Park D-J, Hwang Y-I. A pilot study of balance performance benefit of myofascial release, with a tennis ball, in chronic stroke patients. *J Bodyw Mov Ther*. 2016 Jan;20(1):98–103.
23. Kim K, Park S, Goo B-O, Choi S-C. Effect of Self-myofascial Release on Reduction of Physical Stress: A Pilot Study. *J Phys Ther Sci*. 2014;26(11):1779–81.
24. Okamoto T, Masuhara M, Ikuta K. Acute Effects of Self-Myofascial Release Using a Foam Roller on Arterial Function: *J Strength Cond Res*. 2014 Jan;28(1):69–73.
25. Clark M, Lucett S, Sutton BG, National Academy of Sports Medicine, editors. *NASM essentials of corrective exercise training*. First edition revised. Burlington, MA: Jones & Bartlett Learning; 2014. 438 p.

26. Schleip R, Müller DG. Training principles for fascial connective tissues: Scientific foundation and suggested practical applications. *J Bodyw Mov Ther.* 2013 Jan;17(1):103–15.
27. Hedley G. Notes on visceral adhesions as fascial pathology. *J Bodyw Mov Ther.* 2010 Jul;14(3):255–61.
28. Tozzi P. Selected fascial aspects of osteopathic practice. *J Bodyw Mov Ther.* 2012 Oct;16(4):503–19.
29. Findley T, Chaudhry H, Stecco A, Roman M. Fascia research--a narrative review. *J Bodyw Mov Ther.* 2012 Jan;16(1):67–75.
30. Schleip R. Fascial plasticity – a new neurobiological explanation: Part 1. *J Bodyw Mov Ther.* 2003 Jan;7(1):11–9.
31. Andersen LL, Jay K, Andersen CH, Jakobsen MD, Sundstrup E, Topp R, et al. Acute effects of massage or active exercise in relieving muscle soreness: randomized controlled trial. *J Strength Cond Res.* 2013 Dec;27(12):3352–9.
32. Drake RL, Vogl AW, Mitchell AMW. *Gray - Anatomía para estudiantes.* 2a ed. Elsevier España; 2010.
33. Calais-Germain B. *Anatomía para el movimiento.* 6a ed. Los Libros de la Liebre de Marzo; 1994. 301 p.
34. Garrett WE, Califf JC, Bassett FH. Histochemical correlates of hamstring injuries. *Am J Sports Med.* 1984 Apr;12(2):98–103.
35. Jones D, Round J, De Haan A. *Physiologie du muscle squelettique: de la structure au mouvement.* 1st ed. Elsevier; 2005. 210 p.
36. Lieber R. *Skeletal muscle structure, function & plasticity.* 2° ed. Lippincott Williams & Wilkins; 2002.
37. Woods C. The Football Association Medical Research Programme: an audit of injuries in professional football--analysis of preseason injuries * Commentary. *Br J Sports Med.* 2002 Dec 1;36(6):436–41.
38. Mjølsnes R, Arnason A, Østhagen T, Raastad T, Bahr R. A 10-week randomized trial comparing eccentric vs. concentric hamstring strength training in well-trained soccer players. *Scand J Med Sci Sports.* 2004 Oct;14(5):311–7.
39. Bizzini M, Junge A, Bahr R, Dvorak J. Injuries and musculoskeletal complaints in referees--a complete survey in the top divisions of the swiss football league. *Clin J Sport Med Off J Can Acad Sport Med.* 2009 Mar;19(2):95–100.
40. Melegati G, Tornese D, Trabattoni A, Pozzi G, Schonhuber H, Volpi P. Reducing muscle injuries and reinjuries in one italian professional male soccer team. *Muscles Ligaments Tendons J.* 2013 Oct;3(4):324–30.

41. Ekstrand J, Hägglund M, Waldén M. Epidemiology of muscle injuries in professional football (soccer). *Am J Sports Med.* 2011 Jun;39(6):1226–32.
42. Heiderscheit BC, Sherry MA, Silder A, Chumanov ES, Thelen DG. Hamstring Strain Injuries: Recommendations for Diagnosis, Rehabilitation, and Injury Prevention. *J Orthop Sports Phys Ther.* 2010 Feb;40(2):67–81.
43. Thelen DG, Chumanov ES, Sherry MA, Heiderscheit BC. Neuromusculoskeletal models provide insights into the mechanisms and rehabilitation of hamstring strains. *Exerc Sport Sci Rev.* 2006 Jul;34(3):135–41.
44. Chumanov ES, Heiderscheit BC, Thelen DG. Hamstring Musculotendon Dynamics during Stance and Swing Phases of High-Speed Running: *Med Sci Sports Exerc.* 2011 Mar;43(3):525–32.
45. Järvinen TAH, Järvinen TLN, Kääriäinen M, Kalimo H, Järvinen M. Muscle injuries: biology and treatment. *Am J Sports Med.* 2005 May;33(5):745–64.
46. Rodineau J, Durey A. Le traitement médical des lésions musculaires. *JAMA suppl, IV/2e Journée nationale de la médecine de rééducation.* 1990 Abril;20–2.
47. Danowski R, Chanussot J. *Traumatologie du sport.* Elsevier Masson. 2005.
48. Foreman TK, Addy T, Baker S, Burns J, Hill N, Madden T. Prospective studies into the causation of hamstring injuries in sport: A systematic review. *Phys Ther Sport.* 2006 May;7(2):101–9.
49. Clark RA. Hamstring injuries: risk assessment and injury prevention. *Ann Acad Med Singapore.* 2008 Apr;37(4):341–6.
50. Worrell TW, Smith TL, Winegardner J. Effect of hamstring stretching on hamstring muscle performance. *J Orthop Sports Phys Ther.* 1994 Sep;20(3):154–9.
51. Croisier J-L, Ganteaume S, Binet J, Genty M, Ferret J-M. Strength imbalances and prevention of hamstring injury in professional soccer players: a prospective study. *Am J Sports Med.* 2008 Aug;36(8):1469–75.
52. Murphy DF. Risk factors for lower extremity injury: a review of the literature. *Br J Sports Med.* 2003 Feb 1;37(1):13–29.
53. Orchard JW. Intrinsic and extrinsic risk factors for muscle strains in Australian football. *Am J Sports Med.* 2001 Jun;29(3):300–3.
54. 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 Deporte.* 2013 Mar;6(1):30–7.

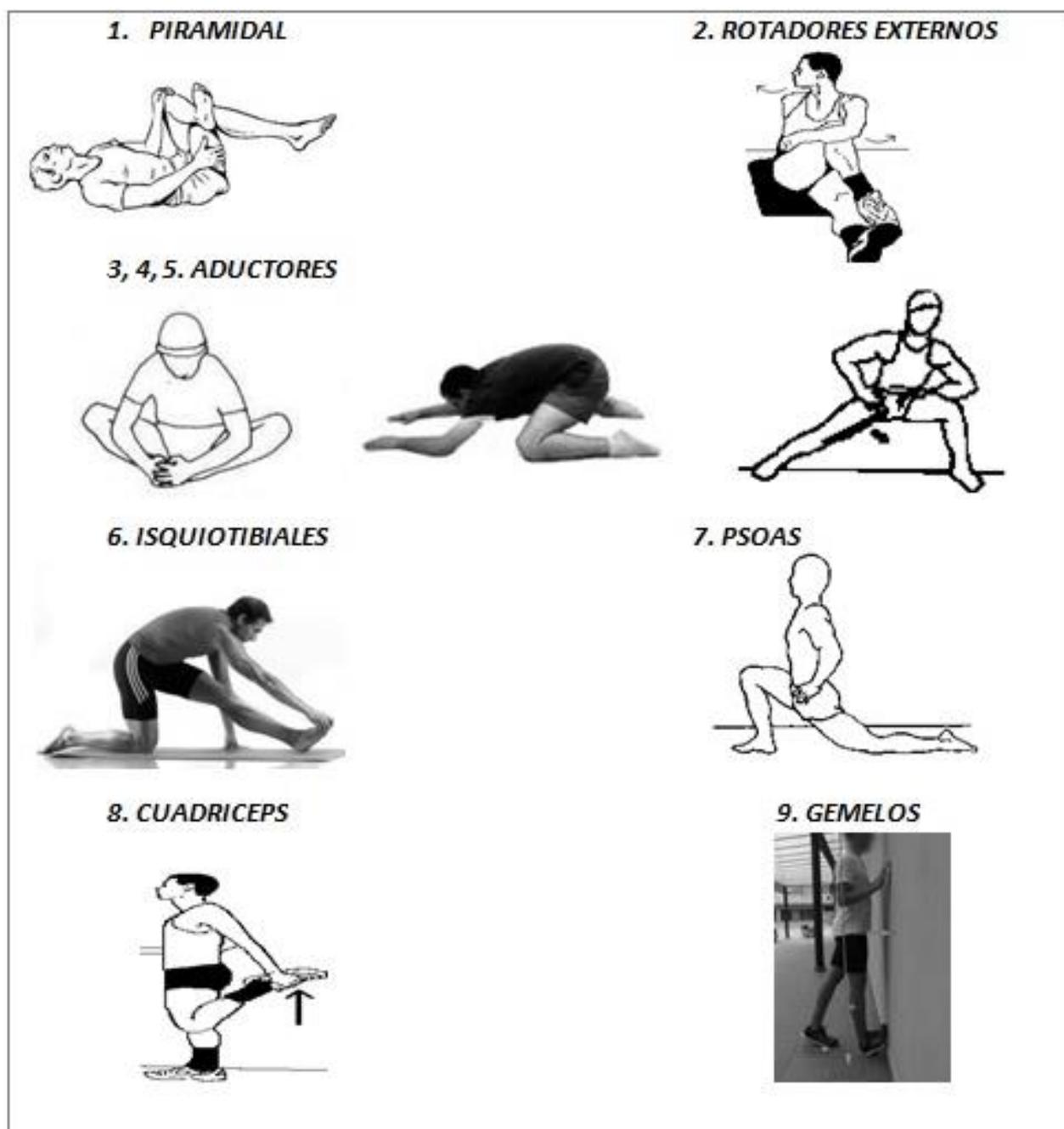
55. Timmins RG, Bourne MN, Shield AJ, Williams MD, Lorenzen C, Opar DA. Short biceps femoris fascicles and eccentric knee flexor weakness increase the risk of hamstring injury in elite football (soccer): a prospective cohort study. *Br J Sports Med*. 2015 Dec 16;
56. Prior M, Guerin M, Grimmer K. An evidence-based approach to hamstring strain injury: a systematic review of the literature. *Sports Health*. 2009 Mar;1(2):154–64.
57. Cameron M, Adams R, Maher C. Motor control and strength as predictors of hamstring injury in elite players of Australian football. *Phys Ther Sport*. 2003 Nov;4(4):159–66.
58. Witvrouw E, Danneels L, Asselman P, D’Have T, Cambier D. Muscle flexibility as a risk factor for developing muscle injuries in male professional soccer players. A prospective study. *Am J Sports Med*. 2003 Feb;31(1):41–6.
59. Copland ST, Tipton JS, Fields KB. Evidence-based treatment of hamstring tears. *Curr Sports Med Rep*. 2009 Dec;8(6):308–14.
60. Gabbe BJ, Bennell KL, Finch CF, Wajswelner H, Orchard JW. Predictors of hamstring injury at the elite level of Australian football. *Scand J Med Sci Sports*. 2006 Feb;16(1):7–13.
61. Gabbe BJ. Risk factors for hamstring injuries in community level Australian football. *Br J Sports Med*. 2005 Feb 1;39(2):106–10.
62. Pinniger GJ, Steele JR, Groeller H. Does fatigue induced by repeated dynamic efforts affect hamstring muscle function? *Med Sci Sports Exerc*. 2000 Mar;32(3):647–53.
63. Watson AW. Sports injuries related to flexibility, posture, acceleration, clinical defects, and previous injury, in high-level players of body contact sports. *Int J Sports Med*. 2001 Apr;22(3):222–5.
64. Watson AW. Sports injuries in footballers related to defects of posture and body mechanics. *J Sports Med Phys Fitness*. 1995 Dec;35(4):289–94.
65. Orchard J, Seward H. AFL injury report: season 2003. *J Sci Med Sport*. 2004;7:264–5.
66. Sports Medicine Institute International. A guide to the Foam Roller [Internet]. Available from: www.smiweb.org
67. Paolini J. Review of Myofascial Release as an Effective Massage Therapy Technique. *Athletic Therapy Today*, Vol 14, Issue 5. 2009 Sep;30–4.
68. Mentiplay BF, Perraton LG, Bower KJ, Adair B, Pua Y-H, Williams GP, et al. Assessment of Lower Limb Muscle Strength and Power Using Hand-Held and Fixed Dynamometry: A Reliability and Validity Study. *PloS One*. 2015;10(10):e0140822.

69. Stark T, Walker B, Phillips JK, Fejer R, Beck R. Hand-held Dynamometry Correlation With the Gold Standard Isokinetic Dynamometry: A Systematic Review. *PM&R*. 2011 May;3(5):472–9.
70. Deones VL, Wiley SC, Worrell T. Assessment of Quadriceps Muscle Performance by a Hand-Held Dynamometer and an Isokinetic Dynamometer. *J Orthop Sports Phys Ther*. 1994 Dec;20(6):296–301.
71. Bohannon RW. Hand-held dynamometry: adoption 1900–2005. *Percept Mot Skills*. 2006 Aug;103(1):3–4.
72. Whiteley R, Jacobsen P, Prior S, Skazalski C, Otten R, Johnson A. Correlation of isokinetic and novel hand-held dynamometry measures of knee flexion and extension strength testing. *J Sci Med Sport*. 2012 Sep;15(5):444–50.
73. Fulcher ML, Hanna CM, Raina Elley C. Reliability of handheld dynamometry in assessment of hip strength in adult male football players. *J Sci Med Sport*. 2010 Jan;13(1):80–4.
74. Schwartz S, Cohen ME, Herbison GJ, Shah A. Relationship between two measures of upper extremity strength: manual muscle test compared to hand-held myometry. *Arch Phys Med Rehabil*. 1992 Nov;73(11):1063–8.
75. Krause DA, Neuger MD, Lambert KA, Johnson AE, DeViny HA, Hollman JH. Effects of examiner strength on reliability of hip-strength testing using a handheld dynamometer. *J Sport Rehabil*. 2014 Feb;23(1):56–64.
76. Thorborg K, Bandholm T, Schick M, Jensen J, Hölmich P. Hip strength assessment using handheld dynamometry is subject to intertester bias when testers are of different sex and strength. *Scand J Med Sci Sports*. 2013 Aug;23(4):487–93.
77. Peeler J, Leiter J. Using digital photography to document rectus femoris flexibility: A reliability study of the modified Thomas test. *Physiother Theory Pract*. 2013 May;29(4):319–27.
78. Peeler JD, Anderson JE. Reliability Limits Of The Modified Thomas Test For Assessing Rectus Femoris Muscle Flexibility About The Knee Joint. *J Athl Train*. 2008 Sep;43(5):470–6.
79. Fredericson M, Yoon K. Physical examination and patellofemoral pain syndrome. *Am J Phys Med Rehabil*. 2006 Mar;85(3):234–43.
80. Marks MC, Bs JA, Chambers H. Clinical utility of the Duncan-Ely test for rectus femoris dysfunction during the swing phase of gait. *Dev Med Child Neurol*. 2007 Feb 13;45(11):763–8.
81. Gabbe BJ, Bennell KL, Wajswelner H, Finch CF. Reliability of common lower extremity musculoskeletal screening tests. *Phys Ther Sport*. 2004 May;5(2):90–7.

82. Harvey D. Assessment of the flexibility of elite athletes using the modified Thomas test. *Br J Sports Med.* 1998 Mar;32(1):68–70.
83. Winters MV, Blake CG, Trost JS, Marcello-Brinker TB, Lowe LM, Garber MB, et al. Passive versus active stretching of hip flexor muscles in subjects with limited hip extension: a randomized clinical trial. *Phys Ther.* 2004 Sep;84(9):800–7.
84. Young W, Clothier P, Otago L, Bruce L, Liddell D. Acute effects of static stretching on hip flexor and quadriceps flexibility, range of motion and foot speed in kicking a football. *J Sci Med Sport.* 2004 Mar;7(1):23–31.
85. Peeler J, Anderson JE. Reliability of the Ely's test for assessing rectus femoris muscle flexibility and joint range of motion. *J Orthop Res.* 2008 Jun;26(6):793–9.
86. Biering-Sørensen F. Physical measurements as risk indicators for low-back trouble over a one-year period. *Spine.* 1984 Mar;9(2):106–19.
87. Ekstrand J, Wiktorsson M, Oberg B, Gillquist J. Lower extremity goniometric measurements: a study to determine their reliability. *Arch Phys Med Rehabil.* 1982 Apr;63(4):171–5.
88. Fisk JW. The passive hamstring stretch test: clinical evaluation. *N Z Med J.* 1979 Mar 28;89(632):209–11.
89. Quintana Aparicio E, Albuquerque Sendín F. Evidencia científica de los métodos de evaluación de la elasticidad de la musculatura isquiosural. *Osteopat Científica.* 2008 Dec;3(3):115–24.
90. Santonja F, Ferrer V, Martínez I. Exploración clínica del síndrome de isquiosurales cortos. *Selección, 4.* 1995;81–91.
91. Miller J, Rockey A. Foam Rollers show no increase in the flexibility of the hamstring muscle group. *J Undergrad Res.* 2006;(10):1–4.
92. Monteiro ER, Škarabot J, Vigotsky AD, Brown AF, Gomes TM, Novaes J da S. Maximum repetition performance after different antagonist foam rolling volumes in the inter-set rest period. *Int J Sports Phys Ther.* 2017 Feb;12(1):76–84.
93. Askling CM, Tengvar M, Thorstensson A. Acute hamstring injuries in Swedish elite football: a prospective randomised controlled clinical trial comparing two rehabilitation protocols. *Br J Sports Med.* 2013 Oct;47(15):953–9.
94. Askling CM, Tengvar M, Tarassova O, Thorstensson A. Acute hamstring injuries in Swedish elite sprinters and jumpers: a prospective randomised controlled clinical trial comparing two rehabilitation protocols. *Br J Sports Med.* 2014 Apr;48(7):532–9.
95. Mendiguchia J, Martinez-Ruiz E, Edouard P, Morin J-B, Martinez-Martinez F, Idoate F, et al. A Multifactorial, Criteria-based Progressive Algorithm for Hamstring Injury Treatment. *Med Sci Sports Exerc.* 2017 Mar 8.

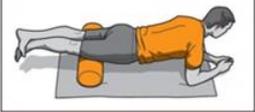
10. ANEXOS

10.1 ANEXO 1: PROTOCOLO DE ESTIRAMIENTOS PASIVOS



Anexo 1: Protocolo de nueve estiramientos pasivos analíticos enfocados a la musculatura de las extremidades inferiores llevado a cabo durante los seis meses de estudio (periodo control + intervención).

10.2 ANEXO 2: PROTOCOLOS DE USO DEL FOAM ROLLER

PROTOCOLO GRUPO CUADRICEPS (GRUPO Q)	PROTOCOLO GRUPO CUADRICEPS + ISQUIOTIBIALES (GRUPO ISQ+Q)
<p>¿CUÁNDO?</p> <ul style="list-style-type: none"> *Al término de cada sesión de entrenamiento, antes de estirar. *Durante 6 semanas. *NO USARLO MAS DE 3 VECES/SEMANA!!! *NO USARLO EN OTRO GRUPO MUSCULAR!!! <p>¿QUÉ RULO UTILIZAR?</p> <ul style="list-style-type: none"> *Rulo grande liso (gris) <p>¿CÓMO?</p> <p>Tumbado boca abajo sobre el rulo grande, apoyando ambos antebrazos en el suelo y manteniendo las piernas estiradas (no hace falta cruzarlas como en la imagen). El rulo queda en la parte más alta de los muslos. Hacer fuerza con los antebrazos para rodar sobre el rulo hasta situarlo en la parte más baja de los muslos (no rodar sobre la articulación de la rodilla). Entonces rodar en el sentido contrario hasta volver a colocar el rulo en la parte más alta de los muslos. Continuar la secuencia durante un minuto.</p> <p>Si consideramos que bajar el rulo y volver a subirlo es una repetición, deberíais hacer unas 10 repeticiones. (Esto es se tardan unos 6"/repetición)</p> 	<p>¿CUÁNDO?</p> <ul style="list-style-type: none"> *Al término de cada sesión de entrenamiento, antes de estirar. *Durante 6 semanas. *NO USARLO MAS DE 3 VECES/SEMANA!!! *NO USARLO EN OTRO GRUPO MUSCULAR!!! <p>¿QUÉ RULO UTILIZAR?</p> <ul style="list-style-type: none"> *Rulo grande liso, gris para los CUADRICEPS *Rulo pequeño, negro para el ISQUIOTIBIAL DE LA PIERNA DOMINANTE <p>¿CÓMO?</p> <p>PARA EL ISQUIOTIBIAL DE LA PIERNA DOMINANTE</p> <p>Sentado, apoyar ambas manos en el suelo y colocar el rulo pequeño en la parte más alta del muslo, justo por debajo del hueso del codo. El pie de la otra pierna está apoyado en el suelo. Hacer fuerza con los brazos y la pierna apoyada en el suelo para rodar sobre el rulo hasta situarlo en la parte más baja del muslo (no rodar por encima de la rodilla). Entonces rodar en el sentido contrario hasta volver a colocar el rulo en la parte más alta del muslo. Continuar la secuencia durante un minuto.</p> <p>Si consideramos que bajar el rulo y volver a subirlo es una repetición, deberíais hacer unas 10 repeticiones. (Esto es se tardan unos 6"/repetición)</p>  <p>PARA LOS CUADRICEPS:</p> <p>Tumbado boca abajo sobre el rulo grande, apoyando ambos antebrazos en el suelo y manteniendo las piernas estiradas (no hace falta cruzarlas como en la imagen). El rulo queda en la parte más alta de los muslos. Hacer fuerza con los antebrazos para rodar sobre el rulo hasta situarlo en la parte más baja de los muslos (no rodar sobre la articulación de la rodilla). Entonces rodar en el sentido contrario hasta volver a colocar el rulo en la parte más alta de los muslos. Continuar la secuencia durante un minuto.</p> <p>Si consideramos que bajar el rulo y volver a subirlo es una repetición, deberíais hacer unas 10 repeticiones. (Esto es se tardan unos 6"/repetición)</p> 

Anexo 2: Protocolos de uso del Foam Roller (protocolo Q y protocolo ISQ+Q) entregado a cada participante, según el grupo al que pertenecía.

10.3 ANEXO 3: FOAM ROLLERS UTILIZADOS DURANTE EL PERIODO DE INTERVENCIÓN



Anexo 3: Foam Rollers utilizados durante el periodo de intervención. (A): Foam Roller liso de alta densidad, 90cmx15cm (Picsil), para auto-liberación miofascial en cuádriceps. (B): Grid Foam Roller, 33cmx14cm (Cisport), para auto-liberación miofascial en isquiotibiales.

10.4 ANEXO 4: CONSENTIMIENTO INFORMADO

CONSENTIMIENTO INFORMADO PROYECTO DE INVESTIGACIÓN DE FISIOTERAPIA

INTRODUCCION

En España, la regulación del derecho a la protección de la salud, recogido por el artículo 43 de la Constitución, desde el punto de vista de los derechos relativos a la información clínica y la autonomía individual de los pacientes en lo relativo a su salud, ha sido objeto de una regulación básica en el ámbito del Estado, a través de la Ley 14/1986, del 25 de abril, General de Sanidad.

Esta norma destaca la voluntad de humanización de los servicios sanitarios, manteniendo así el máximo respeto a la dignidad de la persona y a la libertad individual. Declara como derechos inalienables el respeto a la intimidad personal, a la libertad individual de los usuarios y a la no discriminación, garantizando la confidencialidad de la información.

Partiendo de dichas premisas, la Ley 41/2002, de 14 de noviembre, completa las previsiones que la Ley General de sanidad enunció como principios generales, y refuerza y da un trato especial al derecho de la autonomía del paciente.

La siguiente documentación ha sido elaborada conforme a las previsiones contenidas en la Ley General de Sanidad (14/1986 de 25 de Abril) y la Ley 41/2002 de 14 de Noviembre, reguladora ésta última de los derechos y obligaciones en materia de información y documentación clínica.

CONCEPTO GENERAL DE FISIOTERAPIA

Tratamiento de la persona para evaluar, impedir, corregir, aliviar y limitar o disminuir la incapacidad física, alteración del movimiento, funcionalidad y postura, así como el dolor que se deriven de los desórdenes congénitos y de las condiciones del envejecimiento, lesión o enfermedad. La Fisioterapia tiene como fin más significativo restaurar las funciones físicas pérdidas o deterioradas.

Utiliza como tratamiento los agentes y medios físicos como la electricidad, el movimiento, el masaje o manipulación de los tejidos y las articulaciones, el agua, la luz, el calor, el frío, etcétera y dependiendo del agente que se emplee se denomina:

- **Cinesiterapia** que se define como el conjunto de procedimientos terapéuticos cuyo fin es el tratamiento de las enfermedades mediante el movimiento: ya sean activos, pasivos o comunicados mediante algún medio externo.
- **Masaje/Masoterapia**, se trata del conjunto de manipulaciones, practicadas normalmente sin ayuda de instrumentos, sobre una parte o totalidad del organismo, con el objeto de movilizar los tejidos para provocar en el organismo modificaciones de carácter directo o reflejo que se traduzcan en efectos terapéuticos.
- **Terapias y procedimientos manuales**, entendidos como la localización y tratamiento de trastornos del sistema locomotor utilizando las manos para desbloquear articulaciones y sus fijaciones musculares y reflejas por medio de la aplicación de técnicas y modelos terapéuticos de las partes blandas. Incluye toda la cinesiterapia, masoterapia y sus derivados.
- **Ultrasonido**, Es una onda sonora a una frecuencia alta que no es ni siquiera audible.
- **Termoterapia-Crioterapia**: Es la aplicación de calor o frío respectivamente. El calor disminuye el tono muscular y aumenta el riego sanguíneo en la zona de aplicación y el frío disminuye la inflamación y enlentece la transmisión de los estímulos dolorosos. El frío, al igual que el calor, puede generar quemaduras.

RESUMEN DEL ESTUDIO

El objetivo de este estudio es determinar si el Foam Roller (un rodillo de goma-espuma rígido que permite ejecutar la técnica conocida como **auto-liberación miofascial**) puede ser una herramienta útil en la prevención de lesiones de los isquiotibiales en un grupo de jugadores de fútbol amateur. Más concretamente, pretendemos averiguar si el uso protocolizado del Foam Roller permite conseguir mejoras en cuanto a flexibilidad y fuerza de determinados grupos musculares involucrados en las lesiones de isquiotibiales.

Para ello, se ha establecido un periodo de estudio de seis meses. Antes, durante y después de este periodo, se llevarán a cabo una serie de pruebas: mediciones de fuerza del cuádriceps y de los isquiosurales y medición de la flexibilidad del recto anterior del cuádriceps y de los isquiosurales. Durante las últimas seis semanas del periodo de estudio, se realizará la intervención con el Foam Roller, utilizándose éste último tres veces a la semana.

Las pruebas realizadas nos permitirán conocer el nivel de fuerza y el estado de acortamiento de ambos músculos. Con ello, seremos capaces de estimar el riesgo de lesión de los isquiotibiales, bien sea por la existencia de un desbalance muscular entre agonista y antagonista o bien por la falta de flexibilidad de un músculo u otro. Al repetir estas pruebas antes y después de la intervención con el Foam Roller, podremos estudiar el efecto del mismo sobre los factores de riesgo de lesión de los isquiotibiales mencionados anteriormente.

RIESGOS

No se ha establecido ningún riesgo en relación a un correcto uso del Foam Roller.

La realización de las pruebas de fuerza máxima, que se realizarán sin calentamiento previo, puede suponer un riesgo de lesión muscular, de menor o mayor gravedad. Aquellas personas particularmente propensas a roturas fibrilares deberían abstenerse de participar en el estudio.

CONTRAINDICACIONES GENERALES

Situaciones en las que no se debe usar el Foam Roller:

- Rotura fibrilar
- Insuficiencia cardiaca congestiva
- Insuficiencia renal
- Trastornos hemorrágicos
- Enfermedades cutáneas contagiosas

PRECAUCIONES

El Foam Roller sólo se debe aplicar en zonas musculares sin llegar a trabajar tendones, articulaciones ni superficies óseas.

Tampoco es recomendable aplicarlo en zonas muy dolorosas.

EFFECTOS DEL FOAM ROLLER

Existen publicaciones acerca de los beneficios de utilizar el Foam Roller y ya se conocen varios de sus efectos. Además de mejorar la flexibilidad (tanto a corto plazo inmediatamente antes del ejercicio como a largo plazo) y reducir el dolor muscular de aparición tardía (agujetas), el Foam Roller es presentado a menudo como una herramienta que favorece la recuperación, esto es la capacidad de disipar los signos de fatiga inherentes a la práctica deportiva.

Sin embargo, el efecto del Foam Roller sobre la fuerza muscular no se conoce aún por lo que no existe ninguna garantía en cuanto al resultado final del estudio.

Tiene derecho tanto a prestar consentimiento para su tratamiento previa información, así como a consentir sin recibir información y, en cualquier caso, a retirar su consentimiento en cualquier momento previo a la realización de la técnica o durante ella.

CONSENTIMIENTO INFORMADO

PACIENTE: D. _____ con DNI _____

He leído la información dada en cuanto al consentimiento. He tenido la oportunidad de hacer todas las preguntas que consideraba oportunas sobre el objetivo del estudio y el tratamiento que se va a llevar a cabo. Firmando abajo, consiento seguir el protocolo de intervención con Foam Roller, del cual he recibido información suficiente y comprensible, y consiento someterme al conjunto de pruebas establecidas anteriormente.

Entiendo que tengo el derecho de rehusar parte o todo el protocolo de intervención en cualquier momento. Entiendo la intervención que se va a llevar a cabo y consiento en ser tratado por Laurianne BONJOUR con DNI X8007373S, estudiante de fisioterapia de 4º curso en el año 2016-2017 de la UPNA bajo la supervisión de su tutor responsable para el Trabajo Fin de Grado.

Declaro saber que voy a formar parte de un estudio experimental acerca de la prevención de las lesiones de isquiosurales, para el cuál tendré que dar una serie de datos personales, que permanecerán en anonimato.

Declaro no encontrarme en ninguno de los casos de las contraindicaciones especificadas en este documento.

Declaro haber facilitado de manera leal y verdadera los datos sobre estado físico y salud de mi persona que pudiera afectar a mi estado de salud durante el periodo de estudio. Asimismo decido, dar mi conformidad, libre, voluntaria y consciente a participar en el estudio aquí explicado.

_____, a _____ de _____ de _____ Firma:

D. JUAN LUIS PAREDES JIMÉNEZ, con DNI 78748618E, Profesor de Fisioterapia de la UPNA.
Dña. LAURIANNE BONJOUR, con DNI X8007373S, Estudiante de 4º Curso de Fisioterapia de la UPNA.

Declaro haber facilitado al paciente y/o persona autorizada, toda la información necesaria para la realización del estudio descrito en este documento y declaro haber confirmado, inmediatamente antes de la realización de los mismos, que ninguno de los sujetos presentaba alguna contraindicación de las comentadas anteriormente, así como haber tomado todas las precauciones necesarias a la hora de llevar a cabo las diferentes fases del estudio.

_____, a _____ de _____ de _____ Firma: