

FACTORES DE RIESGO Y PREVENCIÓN DE LA LESIÓN ISQUIOTIBIAL EN DEPORTES DE VELOCIDAD

**GRADO EN CIENCIAS DE LA ACTIVIDAD
FÍSICA + GRADO EN FISIOTERAPIA**

**FACULTAD CIENCIAS DE LA ACTIVIDAD
FÍSICA Y EL DEPORTE**



Realizado por: Juan Antonio Chinchilla Villalobos

Nº Expediente:

Grupo TFG: MIX61

Año Académico: 2021-2022

Tutor/a: Nicolás de la Plata Caballero

Área: Revisión Bibliográfica

RESUMEN

Introducción: La lesión isquiotibial tiene una alta prevalencia en los deportes basados en la velocidad, así como una alta reincidencia. Objetivos: El objetivo de esta revisión es dilucidar sus factores de riesgo así como exponer los métodos de prevención frente a la lesión. Metodología: Se ha realizado una búsqueda en las bases de datos (Academic Search Ultimate, CINAHL with full text, Medline complete, Open Dissertation, Rehabilitation & Sport Medicine Source y SPORTDiscuss with full text) con los términos “Prevention or Risk factors” and “Hamstring injury or Hamstring strain or Hamstring tear” and “Velocity or Speed”. Resultados y conclusiones: La revisión apunta a factores de riesgo claros como son una lesión isquiotibial previa y la edad, y a factores de riesgo con menor evidencia como la fuerza isquiotibial o la fatiga, donde se encuentran discordancias entre autores. Así mismo vemos que los programas de prevención estarán basados en la fuerza, el equilibrio y los ejercicios pliométricos como el programa “The 11+”. Se concluye que los factores de riesgo son amplios y la mayoría con baja fiabilidad, por lo que su clasificación es compleja, y dificulta la realización de buenos programas de prevención.

SUMMARY

Introduction: The hamstring injury has a high prevalence in sports based on speed, as well as a high prevalence. Objectives: The objective of this systematic review is to elucidate the risk factors as well as to search for the best prevention methods for the injury. Methodology: A search was made in the databases (Academic Search Ultimate, CINAHL with full text, Medline complete, Open Dissertation, Rehabilitation & Sport Medicine Source y SPORTDiscuss with full text) with the terms “Prevention or Risk factors” and “Hamstring injury or Hamstring strain or Hamstring tear” and “Velocity or Speed”. Results and conclusion: The review points to clear risk factors such as a previous hamstring injury and age, and risk factors with less evidence such as hamstring strength or fatigue, where there is disagreement between authors. Likewise, we see that prevention programs will be based on strength, balance and plyometric exercises such as “The 11+” program. It is concluded that the risk factors are broad and most with low reliability, so their classification is complex, and makes it difficult to carry out good prevention programs.

INDICE

1. INTRODUCCIÓN.....	6
1.1 Anatomía de la musculatura.....	7
1.2 Biomecánica de la carrera de velocidad.....	9
2. OBJETIVOS.....	13
3. METODOLOGÍA.....	14
3.1 Diseño.....	14
3.2 Estrategia de búsqueda.....	14
3.3 Criterios de selección.....	14
3.4 Diagrama de flujo.....	15
4. RESULTADOS.....	16
4.1 Cuadro resumen de los artículos empleados.....	16
4.2 Resumen artículos empleados.....	20
5. DISCUSIÓN.....	29
5.1 Factores de riesgo no modificables.....	29
5.2 Factores de riesgo modificables.....	32
5.3 Prevención de la lesión.....	39
5.4 Disminución del rendimiento post-lesión.....	42
6. FUTURAS LÍNEAS DE INVESTIGACIÓN.....	44
7. CONCLUSIONES.....	45
8. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	46

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1	16
<i>Cuadro resumen de los artículos empleados.</i>	
Tabla 2	30
<i>Resultado de las variables medidas con respecto al número de lesiones.</i>	
Tabla 3	31
<i>Lesionados dependiente de la edad.</i>	
Tabla 4	39
<i>Evidencia de los factores de riesgo de la lesión isquiotibial.</i>	
Tabla 5	40
<i>Reducción de lesiones con el programa 11+.</i>	
Tabla 6	41
<i>Cambios en los valores de fuerza con el programa “11+”.</i>	
Tabla 7	42
<i>Comparación de los datos entre lesionados y no lesionados.</i>	

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1	8
<i>Anatomía de la inserción isquiotibial.</i>	
Figura 2	10
<i>Ejemplo gráfico de la división de las fases de la carrera.</i>	
Figura 3	11
<i>Gráfica de la activación muscular de los isquiotibiales en la carrera.</i>	
Figura 4	15
<i>Diagrama de flujo.</i>	
Figura 5	33
<i>Número de lesiones divididas por momentos de la temporada.</i>	

1. INTRODUCCIÓN

La lesión isquiotibial es una de las lesiones más prevalentes en los deportes de equipo, especialmente en los deportes más basados en la velocidad, como son el fútbol o el rugby, ya que de estas lesiones, entre un 61-68%, se producen durante acciones de velocidad rápida, sobre todo la carrera corta (Mendiguchia et al., 2016).

Dentro de los deportes de equipo, específicamente en el fútbol masculino se estima que el 37%-47% de las lesiones musculares son lesiones isquiotibiales, siendo así la lesión que no conlleva contacto más prevalente en este deporte (Shalaj et al., 2020). Específicamente Espinoza Navarro y Valle (2014) detallan que un 53% de las lesiones isquiotibiales se darán concretamente en el musculo bíceps femoral. De forma más precisa, Higashihara et al. (2015) aluden a una prevalencia lesional más alta en la cabeza larga de este musculo. Por su parte De Hoyo et al., (2013) especifican que cuando esta lesión es producida por un sobreestiramiento, la localización más común será el musculo semimembranoso.

No solo será en deportes de equipo donde la lesión isquiotibial sea altamente prevalente. Los deportes individuales de velocidad, como la carrera de corta distancia, las vallas y los saltos (salto de longitud, salto de altura, triple salto) también son especialidades con un alto riesgo de padecer una lesión de este tipo. Así, se calcula que alrededor del 50% de las lesiones en velocistas se deben a lesiones isquiotibiales (Yeung et al., 2014). Además, se estima que la causa de la lesión más común en este tipo de especialidades es el sobreuso, así como que el 90% de las lesiones por uso excesivo o inadecuado se dan en los miembros inferiores (Lundberg Zachrisson et al., 2021).

Por ultimo, debe señalarse que la lesión isquiotibial es la más prevalente durante las competiciones internacionales de atletismo (11,4% de las lesiones) (Tokutake et al., 2018).

Tokutake y Kuramochi (2020) afirman que la lesión en el muslo fue la más predominante en el campeonato europeo de atletismo de 2012, siendo la lesión isquiotibial la que más se repitió entre éstas. Estos mismos autores describen la lesión isquiotibial como “un dolor en la parte posterior del muslo sufrido por un

atleta, requiera éste o no de atención médica y conlleve o no pérdida de tiempo de entrenamiento”.

1.1 Anatomía de la musculatura

Resulta necesario, por tanto, analizar la anatomía de esta musculatura, para conocer mejor como está conformada dicha musculatura con tan alta incidencia lesional. Ésta se conforma por un conjunto de 3 músculos situados en la parte posterior del muslo, siendo estos el semimembranoso, el semitendinoso, y el bíceps femoral, que se compone de dos cabezas una larga y otra corta. La inserción proximal u origen de todos estos músculos la podemos encontrar en la tuberosidad isquiática, como podemos ver en la **Figura 1** (excepto la cabeza corta del bíceps femoral, que se originará en la línea áspera del fémur en su tercio inferior), situada en la parte posterior de la cadera. Concretamente, el origen común de los músculos semitendinoso y la cabeza larga del bíceps femoral se sitúa de forma posteromedial en la tuberosidad isquiática, mientras que el origen del músculo semimembranoso tiene lugar de manera anterior a este origen común de los otros músculos (Made et al., 2015).

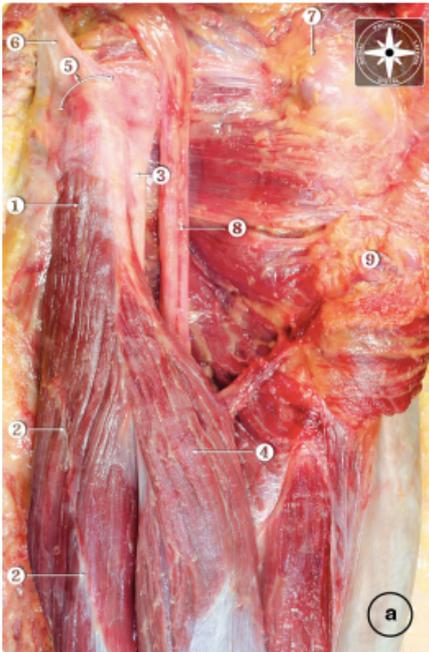
La inserción distal de ambas cabezas del músculo bíceps femoral se encuentra en el lateral de la cabeza del peroné, mientras que el músculo semimembranoso se inserta en la parte posteromedial del cóndilo medial tibial. A su vez, el músculo semitendinoso pasa a formar parte de la pata de ganso, junto al recto interno y el sartorio.

Aunque todos los músculos isquiotibiales realizan extensión de cadera (a excepción de la cabeza corta del bíceps femoral) y flexión de rodilla, la disposición de éstos en el cuerpo cambia ligeramente su acción de contracción en diversos planos anatómicos. Así, el bíceps femoral, con su inserción en el lateral de la cabeza del peroné, realizará una rotación externa del complejo de la pierna, especialmente cuando ésta se encuentre flexionada. Por el contrario, los músculos semimembranoso y semitendinoso, con su disposición en el lateral contrario en la tibia, conllevarán una rotación interna de la pierna, con ésta en flexión.

Los músculos isquiotibiales están inervados por el nervio ciático, concretamente por su división tibial, a excepción de la cabeza corta del bíceps femoral, que está inervada por la división peroneal del nervio ciático (Stępień et al., 2019).

Figura 1.

Anatomía de la inserción isquiotibial.



Nota: Recuperada de Made et al., (2015). En la figura podemos ver los músculos 1) semitendinoso , 3) semimembranoso, y 4) cabeza larga del bíceps femoral, y su inserción en la tuberosidad isquiática.

La lesión isquiotibial se da especialmente en 2 situaciones. Primariamente durante acciones de alta velocidad, específicamente en la carrera, y secundariamente por un estiramiento excesivo del músculo, sea por contacto, una caída, o en el baile (Tokutake et al., 2018). Además de ser una lesión muy prevalente, la misma conlleva una pérdida más acusada de competiciones que la mayoría de otras lesiones, como consecuencia de las dificultades de su recuperación. Así, en el fútbol australiano la lesión isquiotibial, no solo es preponderante, sino que es la lesión que más pérdidas de partidos conlleva (Hoskins y Pollard, 2010).

Además de esto, la tasa de reincidencia lesional es muy alta, constituyendo un gran problema para los rehabilitadores físicos y para los equipos de estos deportistas,

suponiendo una gran pérdida tanto de dinero como de tiempo de entrenamientos y de competiciones para los deportistas. En el fútbol inglés, se estima que la tasa de reincidencia de esta lesión se da entre un 12%-48% de los deportistas que la han sufrido de forma previa.

Su tasa de reincidencia es 2 veces más alta que la de cualquier otra lesión en este deporte, ocurriendo en la propia temporada de reincorporación en un porcentaje del 31%, lo que supone que esta tasa sea el doble que la probabilidad de reincidencia de un esguince de tobillo. (Liu et al., 2012).

1.2 Biomecánica de la carrera de velocidad

Como comentan Lehnert et al., (2018), la mayoría de estas lesiones isquiotibiales se producen especialmente durante las fases finales de la carrera, en acciones de una alta carga excéntrica para el músculo, donde la tensión en los isquiotibiales se encontrará en su valor pico, ya que deberá estabilizar la rodilla. Estos factores, sumados a la fatiga y el sobreuso, podrían conllevar a una lesión. Por ello, entender la biomecánica de la carrera será clave a la hora de hablar de la lesión isquiotibial y sus factores de riesgo, ya que nos permitirá una mejor comprensión del mecanismo lesional, así como de los factores que se relacionan con éste.

La carrera se diferencia de la marcha principalmente en 2 parámetros. En primer lugar, la diferencia de velocidad. En segundo lugar, en la marcha en ningún momento se encuentran los dos pies en el aire, mientras que en la carrera sí.

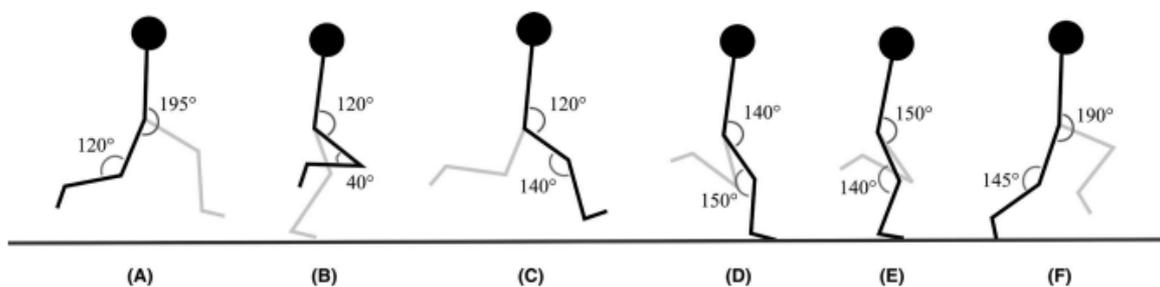
Dentro de la propia carrera, encontramos varias fases definitorias, en las cuales podemos dividir el ciclo de la carrera. Como explican Kenneally et al., (2019) estas fases de la carrera son:

- a) **Early swing:** Momento en el que el pie se eleva del suelo para comenzar la flexión de rodilla. En este momento podemos ver que lo normal es encontrar ángulos alrededor de 60° de flexión de rodilla y 15° de extensión de cadera.
- b) **Mid swing:** Momento de máxima flexión de la rodilla. Con la pierna aún en vuelo, la rodilla se encuentra con 140° de flexión y la cadera con 60° de flexión.

- c) **Late swing:** Fase final del vuelo en la que la pierna se prepara para el apoyo. En esta fase la rodilla se encuentra con una flexión de 40° y la cadera con una flexión de 60° .
- d) **Early stance/ foot strike:** Momento en el que el pie hace contacto con el suelo. En este momento la rodilla se encuentra con una flexión de 30° y la cadera con una flexión de 40° .
- e) **Mid stance:** Momento en el que se da el mayor apoyo del pie antes de comenzar el despegue. En esta fase la rodilla tiene una flexión de 40° y la cadera una flexión de 30° .
- f) **Late stance/ toe off:** Momento previo al despegue del pie. En esta fase la rodilla tiene un flexión de 35° y la cadera una extensión de 10° .

Figura 2.

Ejemplo gráfico de la división de las fases de la carrera.



Nota: Recuperada de Kenneally et al., (2019). A) Early swing B) Mid-swing C) Late swing D) Early stance/ foot strike E) Mid-stance F) Late stance/ toe-off.

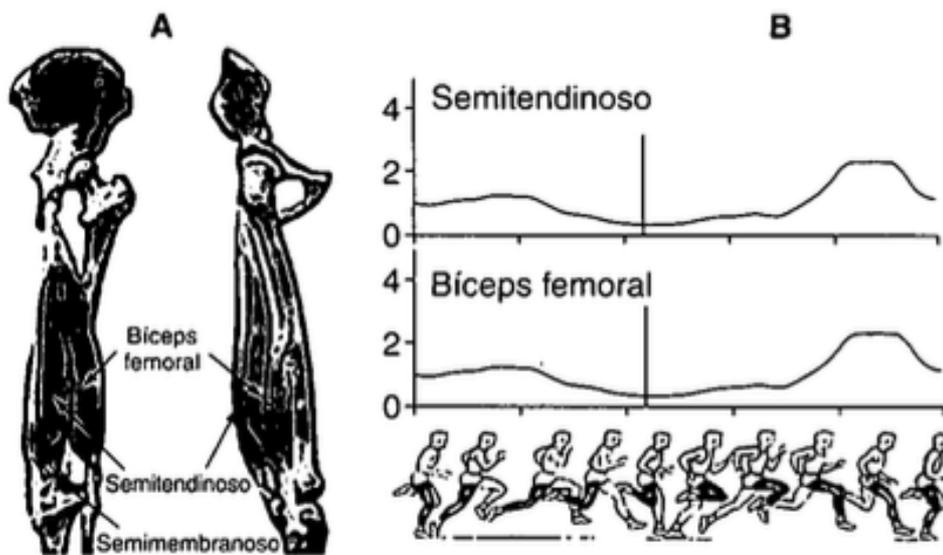
Como precisan Kenneally et al., (2019), la que hasta ahora se creía que era la fase más lesiva era la fase de vuelo u oscilación, específicamente el mid swing. Pero estudios recientes concuerdan en que durante la fase de foot strike o early stance, las fuerzas de reacción impuestas por el suelo a las que se someten los músculos isquiotibiales (concretamente la cabeza larga del bíceps femoral), sumado a los grados de estiramiento a los que están expuestos estos músculos, podría ser el momento más lesivo para estos músculos. No obstante, varios estudios apuntan a que tanto la fase de late swing como de early stance serían las más lesivas, por las fuerzas que tendría que soportar la musculatura isquiotibial. En la primera, por la

fuerza excéntrica de frenado de la aceleración angular de la pierna, y en la segunda, por las fuerzas reactivas del suelo.

De Hoyo et al., (2013), en contraposición con estas teorías, proponen, más en la línea de los primeros estudios sobre la materia, que la fase más lesiva para esta musculatura se encuentra en las fases finales del swing. Y esto será debido a que se dará un cambio en el tipo de contracción en la musculatura de forma rápida, como podemos observar en la **Figura 3**, pasando de una contracción concéntrica a una excéntrica, para frenar la flexión de la cadera, a la misma vez que permiten la extensión de la rodilla, produciéndose el mayor estiramiento en el musculo bíceps femoral, lo que justificaría una mayor incidencia lesional en este musculo.

Figura 3.

Gráfica de la activación muscular de los isquiotibiales en la carrera.



Nota: Recuperada de: De Hoyo et al. (2013). En la figura podemos observar como la fase final del swing es la fase de mayor activación de los isquiotibiales, así como la fase de mayor elongación, aumentando la posibilidad de lesión en estas fases.

Hasta ahora, basándose en este enfoque del movimiento en las distintas fases de la carrera, los diversos autores se han referido a varios factores de riesgo. Se alude en primer lugar a una baja fuerza de la musculatura isquiotibial, que hasta el momento se creía que era el principal factor de riesgo para esta lesión,

específicamente una baja capacidad de generar fuerza concéntrica en esta musculatura. Aunque también se han descrito otros factores de riesgo como son una baja flexibilidad, la fatiga muscular, o incluso la edad por el envejecimiento del tejido, (Yeung et al., 2014). Como podemos ver, los factores de riesgo de la lesión isquiotibial no son claros, existiendo notables discrepancias entre los investigadores durante los últimos años. Hoy se alude a un origen multifactorial. Por ello, obtener una mejor comprensión de estos factores será clave , especialmente a la hora de plantear un plan de prevención específico y adecuado para los deportes que conllevan acciones de velocidad.

2. OBJETIVOS

Los objetivos principales serán:

- Estudiar los principales factores de riesgo en la lesión isquiotibial que se produce en los deportes basados en la velocidad.
- Dar a conocer los mejores métodos de prevención de la lesión isquiotibial en base a estos factores de riesgo.

Los objetivos específicos serán:

- Explicar de manera adecuada por qué la lesión isquiotibial presenta una reincidencia tan alta.
- Explorar si la lesión isquiotibial implica una pérdida en el rendimiento deportivo tras su recuperación.
- Buscar los mejores test o factores predictivos de una lesión isquiotibial

3. METODOLOGÍA

3.1 Diseño

Para la realización de esta revisión bibliográfica se ha efectuado una búsqueda informática sobre la prevención y los posibles factores de riesgo de las lesiones isquiotibiales en los deportes basados en la velocidad en las principales bases de datos de importancia para el tema. El propósito de esta búsqueda es encontrar artículos en los que se midieran o se expusieran los principales factores de riesgo de esta lesión en los deportistas (concretamente en deportes basados en la velocidad), así como artículos en los que se expusieran o investigaran métodos de prevención para la misma.

3.2 Estrategia de búsqueda

Para este trabajo realicé una revisión sistemática de las siguientes bases de datos: Academic Search Ultimate, CINAHL with full text, Medline complete, Open Dissertation, Rehabilitation & Sport Medicine Source y SPORTDiscuss with full text. La búsqueda se realizó sobre la prevención de lesiones referidas a las lesiones isquiotibiales en deportes de velocidad, utilizando los siguientes términos, tanto en inglés como en español, no encontrando resultados relevantes en este último idioma: “Prevention or Risk factors” and “Hamstring injury or Hamstring strain or Hamstring tear” and “Velocity or Speed”

3.3 Criterios de selección

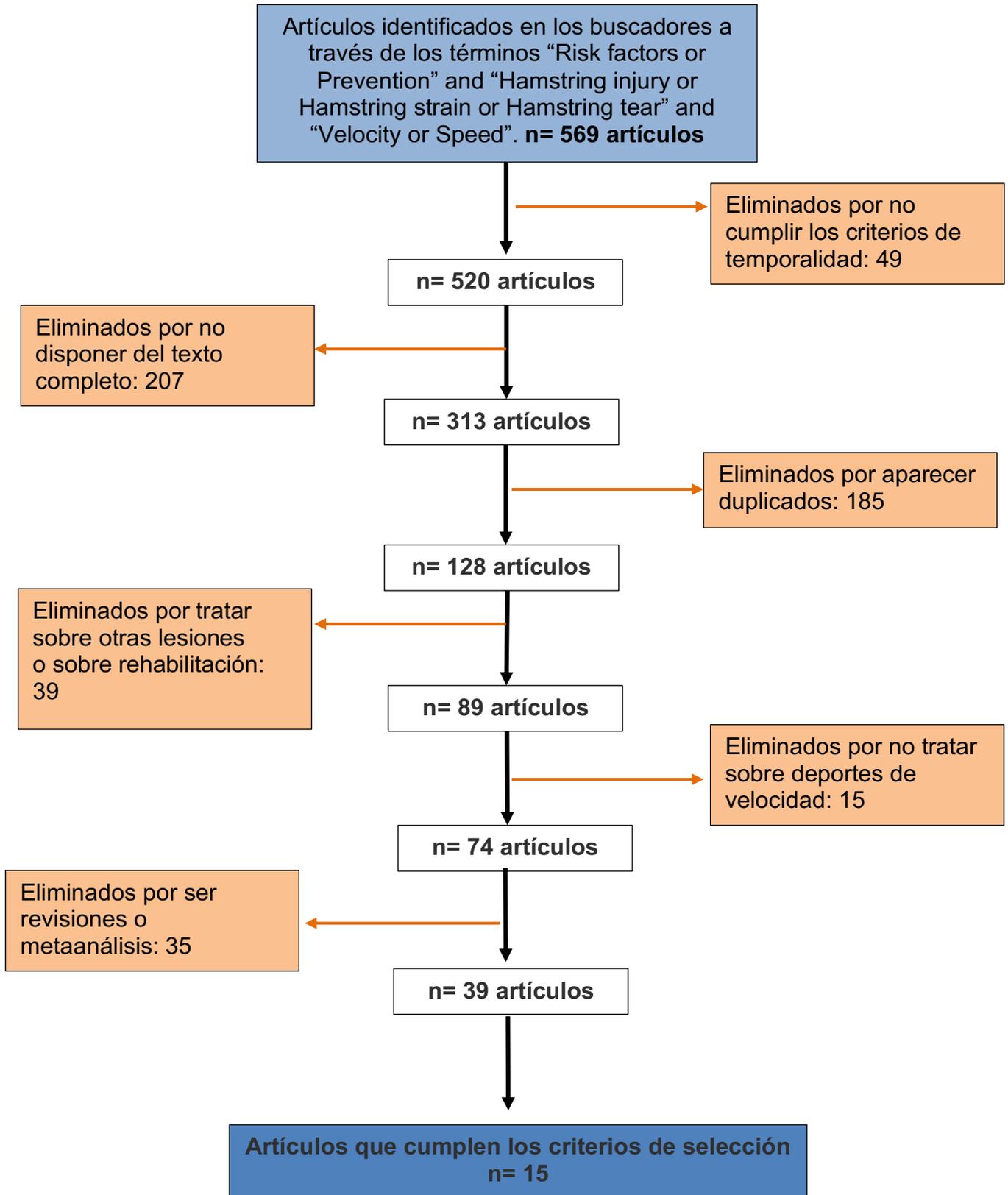
En referencia a los criterios de selección de los diferentes artículos se dispusieron los siguientes:

- Disponibilidad del texto completo
- Tratar sobre la lesión isquiotibial
- Tratar sobre deportes basados en la velocidad
- Idioma castellano o inglés
- Escritos en los últimos 15 años
- No tratarse de una revisión o un metaanálisis

3.4 Diagrama de flujo

FIGURA 4

Diagrama de flujo.



4. RESULTADOS

4.1. Cuadro resumen de los artículos empleados

Tabla 1.

Cuadro resumen de los artículos empleados.

Autores y año	Objetivos	Muestra	Variables	Resultados	Conclusiones
Arsenis, S. et al., (2020).	Evaluar el efecto del programa de prevención de lesiones "FIFA + 11" (nivel 2) en la fuerza y habilidad del miembro inferior, y su capacidad de reducir la incidencia lesional en futbolistas jóvenes.	2 grupos de 16 jugadores de fútbol de 19 años (± 1), un grupo control, y un grupo que realizaba la rutina "FIFA + 11".	Se midió la fuerza muscular (mediante un dinamómetro isocinético) y la capacidad de equilibrio (mediante un sistema de estabilización Biodex).	Mientras que las medidas pre-intervención fueron iguales entre grupos, se encontró una mejora significativa en el grupo que realizó la rutina "FIFA 11+" de los parámetros evaluados.	La practica de la rutina "FIFA 11+" durante 8 semanas, 3 veces por semana, es efectiva en la mejora de la capacidad de equilibrio, la fuerza concéntrica de los músculos de la cadena posterior y mejora la relación muscular de los MMII, ayudando así a minimizar el riesgo lesional.
Brito, J. et al., (2010).	Evaluar la eficacia del programa de prevención de lesiones "FIFA + 11", su capacidad para mejorar la fuerza isocinética de los flexores y extensores de rodilla, ayudando así a reducir la incidencia lesional.	20 jugadores de fútbol sub-élite de 22.3 ± 4.2 años, de los cuales completaron el estudio 18.	Mediante el uso de un biodex, se midieron la fuerza tanto concéntrica como excéntrica, de los grupos musculares cuádriceps e isquiotibiales.	Los jugadores mejoraron sus resultados de fuerza isocinética en la mayoría de variables medidas, especialmente en la fuerza de los isquiotibiales, tras la aplicación del protocolo durante 10 semanas.	Los jugadores mejoraron su fuerza y equilibrio de los músculos flexores y extensores de rodilla al realizar el programa de prevención FIFA 11+, lo que sugiere que el programa podría tener un impacto en la reducción de la incidencia lesional en este grupo poblacional.
Coratella, G. et al., (2015).	Medir el efecto de la fatiga provocada por un partido, en el ángulo de torque máximo articular, y el ratio de fuerza entre cuádriceps y isquiotibiales post fatiga.	22 jugadores amateur de fútbol de 20 a 22 años, con al menos 5 años de experiencia, que no hubieran sufrido una lesión en el ultimo año, ni realizaran programas de prevención lesional específicos.	Usando un dinamómetro se midió el ángulo de torque máximo de cuádriceps e isquiotibiales, tras una exposición a un programa que simula la fatiga de un partido de fútbol.	El ángulo de torque máximo solo aumento en los flexores de rodilla, y el ratio de flexores y extensores de rodilla funcional solo se vio afectado en ejercicios de alta intensidad.	La incidencia lesional isquiotibial al termino de los partidos se puede ver influenciada por una reducción del ratio funcional cuádriceps/isquiotibiales, de la misma manera un aumento de la extensibilidad de los isquiotibiales debido al aumento del ángulo de torque máximo, también puede aumentar el

					riesgo de lesión isquiotibial debido a la fatiga.
Costa, P. B. et al., (2014).	Medir el efecto agudo del estiramiento dinámico en el torque máximo, de los isquiotibiales y cuádriceps además de los efectos en los ratios convencionales y funcionales de estos músculos (H:Q).	21 mujeres de edades entre los 20-22 años sin lesiones previas.	Se midió mediante un dinamómetro el torque máximo de fuerza de los músculos isquiotibiales y cuádriceps, así como los ratios convencionales y funcionales de comparación de isquiotibiales/ cuádriceps (H:Q) antes y después de un programa de estiramientos dinámicos.	Los resultados del estudio muestran como tanto el torque máximo concéntrico y excéntrico de ambos grupos musculares y el ratio convencional y funcional (H:Q) disminuyen significativamente.	El uso de estiramientos dinámicos pre ejercicio disminuyen la fuerza de los grupos musculares cuádriceps e isquiotibiales, pudiendo de esta manera aumentar el riesgo de lesión en actividades con necesidades de fuerza alta.
Edouard, P. et al., (2021).	Analizar la relación entre la lesión isquiotibial en fútbol y la fuerza de velocidad horizontal a altas velocidades y bajas velocidades.	Estudio de 248 jugadores de fútbol a lo largo de una temporada completa.	Se midieron sprints de 30 m durante varios momentos de la temporada, para analizar así los factores de la velocidad (fuerza horizontal) y se observaron las lesiones que ocurrieron durante la temporada.	Las mediciones puntuales de la fuerza horizontal a baja velocidad se asociaban con una lesión isquiotibial posterior.	Se evidencia la importancia de realizar análisis biomecánicos de la velocidad, para identificar parámetros que pueden estar relacionados con la lesión isquiotibial, y así mejorar su prevención.
Higashihara, A. et al., (2015).	Estudiar los efectos de la inclinación anterior del tronco durante la carrera en la cinemática muscular de los isquiotibiales, y el efecto que esto puede tener en su lesión.	8 atletas de velocidad y vallas (100ml, 200ml, 400ml y 400mv) sub 21 sanos.	Mediante un sistema de cámaras y de marcadores corporales se midió la biomecánica de la carrera de los corredores, tanto con una mayor inclinación de tronco como sin ésta.	La longitud de los músculos isquiotibiales durante las fases claves del ciclo de la marcha con una inclinación anterior del tronco es mayor. Además se observó una mayor velocidad de distensión de los músculos, durante la fase final del apoyo,	Se evidencia en este estudio que durante la fase de apoyo, existiría una incidencia potencial de lesión más alta, por la distensión de estos músculos durante la carrera con inclinación anterior del tronco.
Ishøi, L. et al., (2020).	Comparar el rendimiento en un sprint de velocidad entre sujetos con y sin una lesión isquiotibial previa.	Se estudiaron 2 grupos, un grupo de 11 jugadores sub élite de 25 años con lesión isquiotibial previa en el año anterior y un grupo de 33 jugadores sub élite de 25 años. Se excluyó a los porteros.	Mediante la app My sprint se midieron 6 sprints de 30 metros, donde se analizó la producción de fuerza máxima horizontal, la velocidad teórica máxima de carrera, la potencia horizontal máxima, y la efectividad de la cadencia, medida mediante la fuerza incremental por aumento de la velocidad.	No se encontraron diferencias significativas entre los grupos en las variables medidas. En todo caso se observó una mejor eficacia mecánica y una potencia horizontal máxima mayor para el grupo con lesión previa.	Una lesión isquiotibial previa no afecta al rendimiento deportivo, aunque los déficits neurofisiológicos, comúnmente encontrados en sujetos con lesión previa isquiotibial, serán los que más afecten a una posible recidiva lesional.

Lehnert, M. et al., (2018).	Estudiar el efecto de la fatiga aguda en la función muscular y neuromuscular en jugadores de fútbol jóvenes.	20 jugadores de fútbol de élite de 16 años, los cuales rellenan un cuestionario de salud previo para poder ser incluidos.	Se midieron el índice de reactividad de fuerza mediante un drop jump, la rigidez de ambas piernas y el ratio funcional de fuerza entre cuádriceps e isquiotibiales (H:Q), además de realizar una prueba de lactato para ver la respuesta metabólica.	Se pudo observar que no hubo cambios con el protocolo de intervención en la fuerza y el ratio de fuerza (H:Q), aunque sí hubo una disminución de la rigidez de ambas piernas, aumentando incluso el índice de reactividad de fuerza.	Se concluye en este estudio que el aumento de la incidencia lesional debido a la fatiga no puede ser causado por una pérdida de fuerza, sino que tiene que tener más relación con una disminución de la estabilidad dinámica, aunque los autores recalcan que los sujetos no percibieron el protocolo tan intenso como un partido de fútbol.
Lundberg Zachrisson, A. et al., (2021).	Investigar como los factores biomecánicos están relacionados con un posible riesgo de lesión y agrupar las lesiones para entender si de esta manera los factores de riesgo se vuelven más fuertes.	Atletas de élite tanto masculinos como femeninos de alto rendimiento con carreras deportivas amplias, analizando finalmente 96 atletas	Se registraron todas las lesiones y zonas que se dieron durante la temporada atlética y se midieron diferentes variables tanto de movimiento (ROM) como de velocidad y fuerza	El 64,6% de los atletas sufrió alguna lesión durante la temporada, el 54,8 de éstas fueron registradas en tobillo o pie y el 25.8 en el muslo, y se encontraron variables diferentes para cada grupo lesional, según la zona de la lesión.	Dependiendo de la zona lesionada los factores de riesgo aumentaban en gran medida, siendo una baja velocidad de flexión de rodilla uno de los mayores factores de riesgo lesional.
Mendiguchia, J. et al., (2016).	Describir los cambios de fuerza, potencia y velocidad de dos sujetos posterior a una lesión isquiotibial, y como afecta esto a la biomecánica de la carrera.	2 casos: Jugador de rugby profesional de 23 años con una lesión isquiotibial 53 días antes Jugador de fútbol profesional de 25 años con lesión isquiotibial previa que sufre una lesión a los 8 días de iniciar el estudio.	Se midió la velocidad de sprint horizontal, y sus propiedades mecánicas, así como los tiempos de carrera a baja velocidad y velocidad pico.	La capacidad para producir fuerza horizontal a bajas velocidades se ve alterada después de la lesión isquiotibial	La reducción de la capacidad de producir fuerza horizontal puede tener un efecto directo en el rendimiento deportivo, así como ser causa posible de la reincidencia lesional tan alta que se da en las lesiones isquiotibiales.
Schache, A. G. et al., (2012).	Lograr un mejor entendimiento de la biomecánica de la carrera y concretamente de la isquiotibial, para entender porque la incidencia lesional de tipo rotura es tan alta.	5 hombres y 2 mujeres de edades cercanas a los 30 años, con experiencia en carreras de velocidad y que no sufrían ninguna lesión en el momento del estudio	Se registró un modelo cinemático completo de los sujetos durante los sprints, así como su fuerza de reacción con el suelo, realizando posteriormente un modelo tridimensional con los datos obtenidos.	Se encuentra que los músculos isquiotibiales biarticulares, alcanzan la fuerza pico, la contracción pico y tienen como resultado un trabajo negativo total, en la fase final del swing en la carrera.	Debido a los hallazgos biomecánicos encontrados en la fase final del swing se teoriza que esta es la fase más vulnerable a la lesión, por el posicionamiento biomecánico así como por el tipo de contracción que encontramos, por lo que se recomendará un entrenamiento excéntrico isquiotibial con cargas altas, en amplitudes musculares amplias.
Shalaj, I. et al., (2020).	Registrar las lesiones isquiotibiales y sus características, para investigar su prevalencia y posibles factores de riesgo	143 jugadores de élite de fútbol de primera división nacional, de 11 equipos deportivos en Kosovo. Los jugadores con lesiones previas de MMII y con	Se recogieron medidas antropométricas básicas (altura y peso), así como el ratio H:Q de fuerza entre isquiotibiales y cuádriceps, se realizó un test de isquiotibiales Nórdico, se midió la velocidad,	Se describieron 43 lesiones isquiotibiales en un ratio de 1.17/1000 horas, los lesionados por lo general eran más mayores, con una mayor masa corporal que	Hay factores predisponentes a la lesión isquiotibial como es una mala capacidad de fuerza excéntrica, una edad avanzada o un peso alto, los cuales se deben tener en cuenta a la hora de realizar programas específicos

	de éstas en jugadores de fútbol profesionales.	cirugías recientes fueron excluidos del estudio.	agilidad y flexibilidad con diversos test, así como la cantidad de lesiones que sucedieron durante el estudio.	los no lesionados, y su test de isquiotibiales nórdico fue peor.	de prevención de lesiones isquiotibiales.
Tokutake, G. et al., (2018).	Investigar la relación entre la lesión isquiotibial y los factores de riesgo intrínsecos en la carrera de velocidad.	61 atletas varones de velocidad sub 21, a los que se les monitorizó durante toda la temporada. Se excluyeron a atletas con dolor o malestar.	Se midieron la fuerza de flexión y extensión de cadera y de rodilla, así como el ROM de cadera y rodilla, la densidad de los músculos bíceps femoral y glúteo mayor, y se realizó un cuestionario sobre lesiones isquiotibiales previas.	18 atletas sufrieron una lesión isquiotibial en el periodo de observación. Se evidencia que en la mayoría de parámetros (edad, peso, altura...) no hubo diferencias entre los grupos lesionados y no lesionados, siendo la lesión previa isquiotibial, y el ROM de cadera mayor en el grupo lesional.	Se evidencia que la existencia previa de lesión isquiotibial es el mayor factor de riesgo para que esta sea recurrente, no encontrando específicamente correlaciones entre los otros parámetros y la lesión.
Tokutake, G. y Kuramochi, R., (2020).	Investigar la prevalencia de la lesión isquiotibial con respecto al momento temporal de la temporada, y el efecto del clima en ésta.	Todos los atletas del club de atletismo de la universidad de Chukyo. Se midieron los datos entre 2013-2016.	Se anotó el momento (día) de la temporada en que ocurrió la lesión, la pierna lesionada, el género del lesionado y la temperatura media del día.	Se anotaron 183 lesiones isquiotibiales en los 4 años de estudio, observándose que la recurrencia al inicio de temporada y con climas fríos era mucho mayor.	Las bajas temperaturas y el incremento rápido en la velocidad que se dan al inicio de las temporadas atléticas, son grandes factores de riesgo de la lesión isquiotibial.
Yeung, S. S., Suen, A.M.Y., Yeung, E.W., (2009).	Investigar la incidencia de lesiones isquiotibiales en velocistas y relacionarlo con posibles predictores durante la pretemporada.	35 hombres y 9 mujeres de 19 años, deportistas de velocidad con experiencia previa, pertenecientes al instituto deportivo de Hong Kong, a la asociación atlética amateur de Hong Kong, o a la liga interuniversitaria de la universidad politécnica de Hong Kong.	Se midieron la flexibilidad isquiotibial, los picos isocinéticos de torque de fuerza tanto excéntricos como concéntricos de estos músculos y se observó la incidencia lesional durante los siguientes 12 meses	8 atletas sufrieron una lesión isquiotibial durante la temporada, la incidencia lesional fue mayor durante el inicio de la temporada. Los atletas con un ratio de fuerza entre cuádriceps e isquiotibiales menor a 0.60 tenían un riesgo más alto de lesión isquiotibial.	Utilizar el test de fuerza comparativo entre cuádriceps e isquiotibiales al inicio de temporada, podría ser útil para predecir que atletas son más susceptibles a lesiones isquiotibiales y realizar programas de prevención específicos para estos.

4.2 Resumen artículos empleados

Como se ha indicado anteriormente, la lesión isquiotibial es una lesión prevalente en gran medida en los deportes que conllevan acciones de alta velocidad, siendo alrededor del 50% de las lesiones de los velocistas y un 40% de las lesiones de los futbolistas. (Yeung et al., 2014).

Esta revisión tiene como principal objetivo identificar los factores de riesgo que pueden predisponer a esta lesión en los deportes basados en la velocidad, así como exponer los factores clave de un programa de prevención de la lesión, basado en tales factores, que puedan ayudar a reducir el riesgo de sufrir dicha lesión.

Arsenis et al., (2020) tratan de investigar el efecto del programa de prevención de lesiones “FIFA + 11 (level 2)” en la capacidad de estabilidad, y la fuerza de los miembros inferiores como método de reducir el riesgo lesional en jugadores de fútbol griegos. Para ello se reclutó a 32 jugadores de fútbol de la primera división juvenil griega de entorno a 19 años, se les dividió en dos grupos, un grupo control y un grupo que realizaría el programa de intervención, 3 veces por semana durante 8 semanas. Se midió la fuerza de los flexores y extensores de cadera mediante un dinamómetro isocinético, midiendo también el ratio H:Q convencional, la estabilidad mediante un sistema Biodex, en el que tendrían que mantener un apoyo monopodal, con el sistema en movimiento, todo ello previamente a la intervención, y después de ésta. Se encontraron diferencias significativas con un aumento tanto de la capacidad de estabilidad, como de la fuerza (tanto excéntrica como concéntrica), así como una mejora del ratio H:Q convencional, por lo que se concluye que la aplicación del protocolo “FIFA + 11 (level 2)” mejora la fuerza y estabilidad de los miembros inferiores, lo que conlleva una disminución de la posibilidad de lesión al ser estos dos factores muy importantes en la prevención lesional.

Brito et al., (2010) pretenden evaluar la eficacia del programa de prevención de lesiones "The 11+" de la FIFA, así como su capacidad para mejorar los parámetros de producción de fuerza de los flexores y extensores de rodilla. 20 jugadores sub-élite de fútbol de unos 22 años se inscribieron en el estudio para realizar el programa 3 veces por semana durante 10 semanas, mediante el uso de un BIODEX. Se midió tanto la fuerza concéntrica como excéntrica de los músculos isquiotibiales y cuádriceps, calculándose los ratios H:Q con estos datos. Los resultados obtenidos después de la intervención muestran un aumento de los picos de torque, es decir, de la capacidad de producir fuerza. La mayoría de valores aumentan en la capacidad de producción de fuerza en ambos miembros inferiores, tanto dominante como no dominante. También se aprecia una mejora importante en ambos miembros en el ratio H:Q convencional ($60^\circ/s$), por lo que se comprueba que el programa de prevención de la FIFA "The 11+" es efectivo a la hora de mejorar la fuerza de los miembros inferiores y su estabilidad. Por lo tanto, el programa reduce el riesgo lesional, en línea con lo visto en anteriores artículos.

Coratella et al., (2015) intentan medir el efecto de la fatiga en la capacidad de producción de fuerza en los isquiotibiales y cuádriceps, el ratio $H_{ecc}:Q_{con}$ y $H_{con}:Q_{con}$ utilizando un protocolo de simulación de un partido de fútbol. 22 jugadores de fútbol con al menos 5 años de experiencia con edades entorno a los 20 años participaron en este estudio. El test consistía en series de 2x20m con descansos de 10 minutos, en los cuales la velocidad requerida iba aumentando (Shuttle run test), terminando cuando los jugadores no pudieron alcanzar la línea a tiempo. De esta manera calcularon la capacidad aeróbica para poder realizar el test de simulación de partido, en el que realizarían un test de Shuttle modificado, con velocidades marcadas. Para ello se utilizó un dinamómetro isocinético para medir la fuerza concéntrica y excéntrica de isquiotibiales y cuádriceps, procediéndose a calcular los ratios H:Q con estos datos. Se observó que el ángulo de torque aumentaba en los isquiotibiales después del protocolo de fatiga, lo que se asocia con una longitud muscular menor, lo cual no pasaba en el cuádriceps, aunque ambos músculos perdían capacidad de producción de fuerza. Por ello se teoriza que las lesiones isquiotibiales debidas a la fatiga pueden estar relacionadas con la alteración del torque en el momento en el que la rodilla está cerca de la extensión,

por lo que será importante realizar un entrenamiento excéntrico de la musculatura isquiotibial para evitar este acortamiento de la musculatura debido a la fatiga.

Costa et al., (2014) buscan evaluar el impacto de los estiramientos dinámicos en la estabilidad y la fuerza muscular y en los valores de fuerza de torque máximo en los ratios convencionales y funcionales (H:Q). En este estudio se recogieron datos de 21 mujeres con edades comprendidas entre los 20/22 años, de las cuales la mayoría eran deportistas habituales. Se midieron contracciones máximas concéntricas y excéntricas de los músculos isquiotibiales y cuádriceps en velocidades angulares de 60°s y 180° antes y después de una serie de 4 estiramientos dinámicos, orientados al miembro inferior. En el estudio se evidencia que tras una serie de estiramientos dinámicos, la capacidad de producción de fuerza isquiotibial disminuye, así como los ratios de fuerza (H:Q). Por lo que como se evidencia en el estudio, los estiramientos dinámicos no serán especialmente efectivos a la hora de prevenir lesiones, especialmente realizados con carácter previo a la practica deportiva, ya que esta disminución de la capacidad de producir fuerza podría estar estrechamente ligada con el riesgo de sufrir una lesión.

Edouard et al., (2021) tratan de relacionar una baja producción de fuerza horizontal durante la carrera a bajas velocidades (F_{h0}) y a altas velocidades (V_0) con las lesiones isquiotibiales en el fútbol. Se concluye como hipótesis, que una baja fuerza horizontal a baja velocidad estaría estrechamente relacionada con una alta incidencia de esta lesión en el fútbol. Estos autores realizaron mediciones en 284 jugadores de fútbol de distintos países (Japón, Francia y Finlandia) en los que se realizaron diversas mediciones durante una temporada de varios parámetros de la velocidad, haciendo test de velocidad máxima durante 30 metros, y computando los datos para realizar sus curvas de fuerza velocidad. Además, se tomaron datos de todas las lesiones que ocurrieron durante esa temporada en todos los jugadores, donde se registraron un total de 47 lesiones isquiotibiales durante la temporada en un 13% de los jugadores. Los investigadores confirman que las mediciones de F_{h0} y V_0 al inicio de la temporada no estarían directamente relacionadas con una mayor incidencia lesional, aunque las mediciones regulares de F_{h0} durante la temporada sí que estarían relacionadas con una subsecuente lesión isquiotibial posterior a esta medición. Por ello, analizar la mecánica de la velocidad de carrera, será importante a la hora de prevenir este tipo de lesiones.

Higashihara et al., (2015) examinan la cinemática de los músculos isquiotibiales en diferentes posiciones de flexión de tronco durante la carrera y como esto puede afectar a su estiramiento, y por tanto aumentar el riesgo de lesión. Participaron en el estudio 8 atletas hombres especialistas de velocidad de entorno a los 20 años, donde se midieron diversas carreras con el tronco inclinado (carrera de inicio en atletismo) y con el tronco erguido. Para ello se utilizaron diversos marcadores corporales y un sistema avanzado de 8 cámaras, que tomaron datos durante los 10 metros de medición de la carrera. Con estos datos se formó un modelo tridimensional de los corredores, donde poder medir los grados de estiramiento muscular. En el estudio se pudo observar que la posición de inclinación anterior del tronco conlleva una mayor flexión de cadera y una mayor anteversión. Esto produce un mayor estiramiento de los isquiotibiales durante la fase de apoyo, lo que podría conllevar un mayor riesgo de lesión, especialmente en los músculos semimembranoso y la cabeza larga del bíceps femoral, ya que son los que más se estiran. Por lo tanto, será importante entender este estiramiento como un posible factor de riesgo durante la fase de apoyo, en la carrera con una inclinación anterior del tronco.

Ishøi et al., (2020) buscan comparar el rendimiento en la carrera de velocidad de jugadores de fútbol que hubieran sufrido una lesión isquiotibial previa, y de aquellos que no hubieran sufrido esta lesión. Se incluyeron 44 jugadores de fútbol sub-élite de 6 clubes distintos, de los cuales 11 habían sufrido una lesión isquiotibial en los últimos 12 meses, la mayoría de estas (81,8%) de carácter moderado. Mediante el uso de la aplicación móvil Mysprint y una cámara de alta velocidad de 240Hz, se analizaron 6 sprints de 30 metros, calculando la aplicación los parámetros de la carrera automáticamente. No se encontraron diferencias significativas entre el grupo de lesionados y no lesionados en ninguna de las variables, ni en el primer sprint, ni en los sprints repetidos. Los autores concluyen que aunque no haya una diferencia significativa en los valores de velocidad en la carrera entre lesionados y no lesionados, los déficits neurofisiológicos que se crean después de una lesión isquiotibial, sumados a las mismas altas velocidades que se daban previas a la lesión, podrían ser una de las causas del aumento de riesgo de recaída lesional, el cual es muy alto en este tipo de lesiones.

Lehnert et al., (2018) tratan de dilucidar el posible efecto de la fatiga en la función muscular y neuromuscular en jugadores de fútbol jóvenes, 20 jugadores profesionales de 16 años. En estos sujetos se midieron la fuerza de reactividad, la rigidez muscular de la pierna, el lactato en sangre, los ratios de fuerza funcionales (H:Q), así como la escala subjetiva de esfuerzo. No se encontraron diferencias significativas en la mayoría de parámetros, exceptuando una menor rigidez muscular después del protocolo específico de fatiga en fútbol, el cual estaba pensado para simular la fatiga en un partido. Aunque se evidencia que todos los jugadores recalcaron que el protocolo no fue suficientemente extenuante para asimilarse a un partido, por lo que los autores no pueden concluir con certeza que el descenso en la rigidez muscular (el cual atribuyen a una menor estabilización dinámica de la rodilla) a causa de la fatiga, sea un factor de riesgo para la lesión isquiotibial.

Lundberg Zachrisson et al., (2021) en su reciente estudio evalúan 2 aspectos concretos. En primer lugar, analizar la relación de los factores biomecánicos y clínicos en relación con las lesiones por sobreuso. En segundo lugar proponen agrupar estas lesiones por áreas con el fin de determinar si resulta más sencillo identificar y clasificar los principales factores de riesgo. Se estudiaron a 96 atletas de élite suecos de distintas especialidades y edades. A estos atletas se les realizó un chequeo médico, un test de la biomecánica de la carrera y un test de fuerza isométrica máxima de distintos grupos musculares. Se tomaron, además, datos de las lesiones que se produjeron durante la temporada, así como su localización. Un 64,6% de los atletas estudiados sufrieron algún tipo de lesión durante la temporada, de éstas más de la mitad (54,8%) fueron en la zona del tobillo o el pie, y en la zona del muslo se registraron un 25,8% de las lesiones. Se encontraron diferentes variables que podían tener relación con la lesión de cada zona estudiada. Los autores describen que aquellos atletas con una baja velocidad de flexión de la rodilla durante la fase de apoyo tenían un mayor riesgo de sufrir una lesión que los que tenían una velocidad de flexión de rodilla más elevada. Así mismo concluyen que los factores de riesgo son multifactoriales, por lo que se requerirán estudios más focalizados en cada tipo de lesión para poder clasificarlos de manera correcta.

Mendiguchia et al., (2016) describen dos casos de lesión isquiotibial en los que se intenta encontrar si hay una diferencia en la potencia, fuerza y velocidad de estos atletas tras sufrir esta lesión. Describen las situaciones de un jugador de rugby de 23 años el cual sufrió una lesión isquiotibial en el momento de la toma de datos, y un jugador de fútbol de 25 años que sufrió una lesión 8 días después de la toma de datos, volviendo a tomarse datos 33 días después de la lesión. Se midieron la velocidad teórica máxima, la velocidad horizontal y la curva de fuerza velocidad de ambos atletas. Se encontró como resultado que en ambos casos hubo una reducción de la curva de fuerza velocidad, teorizándose que la capacidad de producir fuerza horizontal a bajas velocidades se ve alterada tras una lesión isquiotibial, por lo que la medición de la fuerza horizontal durante el sprint podría ser un buen medidor desde un punto de vista de la prevención de lesiones.

Schache et al., (2012) plantean un modelo biomecánico tridimensional con el que buscan 2 objetivos: (i) dar un mejor entendimiento a la biomecánica isquiotibial para intentar entender porque estos músculos tienen una incidencia de rotura tan alta y (ii) identificar las diferencias biomecánicas y de carga en cada musculo isquiotibial, determinando así porqué algunos atletas tienen más tendencia a la lesión que otros. 7 velocistas experimentados (5 hombres y 2 mujeres) con edades entorno a los 26 años participaron en el estudio y con un sistema de análisis 3D compuesto de 22 cámaras se midieron carreras de 80 metros de todos los participantes, utilizándose marcadores en los participantes así como electrodos y placas de fuerza que se escondieron debajo de la pista de 110 metros de atletismo. Con todos los datos recopilados se realizó un modelo matemático biomecánico en 3D de cada participante y se analizaron dichos datos. En éstos encontraron que todos los músculos isquiotibiales tuvieron su mayor distensión, producción de fuerza y su mayor carga negativa en la fase final del swing previo al apoyo inicial, por lo que sería el mayor momento de riesgo para la musculatura isquiotibial durante la carrera. Por lo que los autores proponen que los programas de prevención para la musculatura isquiotibial deben ir orientados hacia ejercicios excéntricos con cargas elevadas y en los que el musculo se encuentre en un estiramiento grande.

Shalaj et al., (2020) estudian la incidencia lesional isquiotibial de los jugadores profesionales de fútbol de la liga de Kosovo durante una temporada (2013/2014), y analizan los posibles factores de riesgo asociados a estas lesiones. Se examinaron los datos de 143 jugadores profesionales provenientes de 11 equipos distintos de la liga de Kosovo. Se realizaron mediante diversos test y cuestionarios una serie de mediciones en la pretemporada, que analizaban las lesiones previas de los jugadores, su composición corporal, su capacidad física, la fuerza del tren inferior, la velocidad y la agilidad, así como la flexibilidad. Todos estos datos fueron comparados con las lesiones isquiotibiales que se produjeron durante la temporada deportiva. Se registraron un total de 43 lesiones durante la temporada, siendo la incidencia durante los partidos 11 veces mayor que durante los entrenamientos. Comparando los datos de los no lesionados y de los lesionados, se llegó a la conclusión de que los mayores factores de riesgo que se podían evidenciar eran la edad, una historia previa de lesión isquiotibial, y unos valores bajos en el test de isquiotibiales Nórdico, sumado a una evidencia en la fuerza isocinética concéntrica de la pierna dominante a 240°/segundo, pudiendo determinar todo esto la lesión isquiotibial solo en un 25,9%. Por ello, los autores concluyen que resulta difícil determinar el riesgo o los factores de esta lesión solo con medidas preliminares, ya que se trata de una lesión multifactorial y compleja que se debe analizar continuamente y poner especial atención, actuando con programas de prevención específicos para cada jugador, aunque tener en cuenta estas mediciones será interesante como ayuda para reducir factores de riesgo.

Tokutake et al., (2018) tienen como propósito investigar los principales factores de riesgo que pueden conducir a una lesión isquiotibial, centrándose en factores de riesgo medibles, específicamente de rango de movimiento y fuerza de los músculos de las articulaciones de la cadera y rodilla. 61 atletas, con implicaciones de velocidad en sus respectivas pruebas, de alrededor de 20 años, participaron en el estudio en el que se les observó durante una temporada atlética completa. Mediante un dinamómetro isocinético a 60°/s, se midió la fuerza de los flexores y extensores de cadera, así como de los flexores y extensores de rodilla, además del ROM de cadera y rodilla, y el grosor de la cabeza larga del bíceps femoral y el glúteo mayor, mediante ecografía. Por último, los participantes rellenaron un cuestionario sobre lesiones previas isquiotibiales. Durante la temporada 18 atletas

(un 29.5%) sufrieron alguna lesión de este tipo, no hallándose diferencias significativas en edad, peso o altura entre los lesionados y no lesionados, ni tampoco entre las pruebas específicas que realizaban. Se encontró que los atletas que sufrieron una lesión isquiotibial tenían un ROM de cadera (tanto en flexión como en extensión) mucho mayor que el de los no lesionados, aunque no se encontraron diferencias significativas en el resto de mediciones. Los autores concluyen que una lesión isquiotibial previa será el mayor factor de riesgo para una lesión isquiotibial, y que el resto de factores analizados no se pueden aceptar como vinculantes a la lesión isquiotibial.

Tokutake y Kuramochi., (2020) registran la incidencia lesional isquiotibial a lo largo de varias temporadas atléticas, con el fin de analizar su relación con el momento de la temporada y con la temperatura. En este estudio los autores midieron durante 4 años a los atletas del club de atletismo de la universidad de Chukyo, registrando tanto las lesiones isquiotibiales y el momento en el que se dieron, como el clima de ese día. Se plantea en esta investigación que el inicio de la temporada es uno de los momentos más lesivos, afirmando que también el clima está relacionado con tales lesiones. Los resultados del estudio permiten afirmar que los días con temperaturas muy elevadas la probabilidad de lesión isquiotibial disminuía notablemente, mientras que en los días con temperaturas bajas la incidencia aumentaba significativamente (aunque aclaran que los días con clima más frío son momentos fuera de temporada en Japón, por lo que analizar las lesiones en estos meses resulta complejo). Además, recogen datos de 4 años consecutivos sobre esta lesión en atletas y comprueban que la misma es mucho más común en hombres que en mujeres, lo que asocian a una mayor velocidad en los hombres que en las mujeres.

Yeung et al., (2014) exploran la incidencia de la lesión isquiotibial a lo largo de una temporada en velocistas. Su estudio analiza datos de 44 atletas (35 hombres y 9 mujeres) del instituto del deporte de Hong Kong, midiendo varios parámetros de flexibilidad y fuerza isquiotibial, además de la incidencia lesional isquiotibial a lo largo de la temporada atlética. Estos autores afirman que el inicio de temporada es uno de los momentos más críticos para este tipo de lesión, ya que según sus resultados un 58.4% de las lesiones se dieron en las primeras 100 horas de entrenamiento. Consideran que esto resulta comprensible, ya que los atletas no

están adecuadamente preparados para la transición de la pretemporada al inicio de la temporada, donde se da una alta carga de trabajo. También se expone en este estudio que el ratio convencional de fuerza (H:Q) está estrechamente ligado con la probabilidad de sufrir una lesión isquiotibial, ya que observaron que un ratio de fuerza (H:Q) inferior a 0.6 aumentaba el riesgo de lesión en 17 veces. Por ello lo consideran el mejor predictor de lesión isquiotibial.

5. DISCUSIÓN

Una de las claras limitaciones de esta revisión se encuentra en la cantidad de variables a analizar y la diversidad de estas que se analizan en las diferentes investigaciones, por lo que su comparación resulta compleja, debido a la multifactorialidad que supone la lesión isquiotibial. De la misma manera, los planes de prevención de lesiones son analizados de una manera amplia, basándose en los factores de riesgo discutidos en esta revisión, ya que los planes de prevención de lesiones deben ser siempre específicos para cada deportista y estar basados en sus características y necesidades específicas.

5.1 Factores de riesgo no modificables

5.1.1 HISTORIA PREVIA DE LESIÓN ISQUIOTIBIAL

La lesión previa se ha establecido por varios autores como el mayor factor de riesgo de padecer una lesión isquiotibial, siendo uno de los mayores predictores de reincidencia y de rotura en esta musculatura (Yeung et al., 2014).

Así lo confirman Shalaj et al., (2020) exponiendo que una lesión previa, ya sea isquiotibial o de cualquier otra parte del cuerpo, podría tener una influencia en la coordinación neuromuscular y el control motor del individuo, por lo que una lesión anterior del miembro inferior podría ser un gran factor predisponente a una lesión isquiotibial previa. Como sus resultados indican, podemos ver como la incidencia lesional de los jugadores de fútbol con historia previa de lesión isquiotibial es casi del doble que la de los jugadores sin una historia previa de esta lesión (60% vs 40%). Por ello, la probabilidad de padecer una lesión de este tipo es mucho mayor en deportistas con una historia previa de dicha lesión. Reafirman estos datos Edouard et al., (2021) como se expone en la **Tabla 2**, la probabilidad de lesión es mucho mayor en aquellos que padecieron esta lesión con anterioridad siendo hasta 4 veces mayor, por lo cual sería un factor de riesgo claro de lesión isquiotibial.

Tabla 2.
Resultado de las variables medidas con respecto al número de lesiones.

	Total	Japan	Per Groups France	Finland	Per History of Hamstring Injury No Previous Hamstring Injury	History of Previous Hamstring Injury
Number (n (%))	284 (100)	110 (39)	56 (20)	118 (42)	224 (79)	60 (21)
Anthropometrical parameters (mean (SD))						
Age (years)	21.4 (4.3)	20.0 (1.0) ^{c**}	18.2 (1.8)	24.3 (5.3) ^{a,b***}	21.3 (4.1)	22.1 (5.2)
Height (cm)	176.7 (7.2)	172.7 (5.2) ^{c***}	177.0 (6.7)	180.4 (7.0) ^{a***,b**}	176.7 (7.2)	177.0 (7.0)
Mass (kg)	71.3 (8.4)	66.9 (5.3)	68.1 (8.1)	77.0 (7.6) ^{a,b***}	71.4 (8.5)	71.2 (8.3)
History of hamstring muscle injury						
Number of players (%)	60 (21)	16 (15)	14 (25)	30 (25)	0 (0)	60 (100)
Sprint acceleration mechanical outputs (mean (SD))						
P_{max} ($W \cdot kg^{-1}$)	16.8 (1.6)	16.3 (1.4) ^{c***}	17.3 (1.8)	16.9 (1.6) ^{a**}	16.7 (1.6)	17.1 (1.7)
F_{H0} ($N \cdot kg^{-1}$)	7.5 (0.6)	7.4 (0.6)	7.5 (0.6)	7.5 (0.6)	7.5 (0.6)	7.5 (0.6)
V_0 ($m \cdot s^{-1}$)	9.0 (0.5)	8.8 (0.5) ^{c***}	9.3 (0.6)	9.1 (0.4) ^{a***,b**}	9.0 (0.5) ^{d*}	9.1 (0.5)
$F-v$ profile	-0.83 (0.08)	-0.84 (0.09) ^{c*}	-0.81 (0.09)	-0.83 (0.07)	-0.84 (0.09)	-0.82 (0.08)
New hamstring injury						
Number of players with new hamstring injury (n (%))	38 (13)	6 (6)	12 (21)	20 (17)	16 (7)	22 (37)
Number of new hamstring injury (n)	47	8	16	23	19	19
Incidence of new hamstring injury (per 1000 h of football (95% CI))	0.4 (0.3 to 0.5)	0.1 (0.0 to 0.2)	0.8 (0.5 to 1.2)	0.6 (0.4 to 0.9)	0.2 (0.1 to 0.3)	0.8 (0.4 to 1.2)

Nota: Recuperado de Edouard et al., (2021) en la tabla podemos observar como la incidencia lesional del grupo de historia previa de lesión es 4 veces mayor que el que no tiene una historia previa de lesión (0.8-0.2).

En contraposición con lo expuesto en los anteriores artículos, Yeung et al., (2014) explican en su muestra que mientras un 25% de los participantes de su estudio habían sufrido una lesión isquiotibial previa, éstos solo representaron un 22% de los lesionados con este tipo de lesión durante la temporada. De ahí concluyen que no resulta posible establecer una clara relación entre una historia previa de lesión isquiotibial y una nueva lesión. Ahora bien, este resultado de su análisis puede deberse a la selección de la muestra del estudio y a su tamaño y especificidad, por lo que aunque estos autores no pudieron confirmar una lesión previa como un factor de riesgo, parece una causa bastante clara de lesión isquiotibial, siendo la más prevalente en la mayoría de estudios.

5.1.2 EDAD

La edad es un factor bastante predisponente a la hora de padecer una lesión isquiotibial, debido al envejecimiento del tejido y a su disminución de la capacidad contráctil, lo que lo convierte en un factor de riesgo claro, (Yeung et al., 2014). Sin embargo no es un parámetro que se pueda valorar de manera correcta en la

mayoría de estudios de este trabajo, debido a la homogeneidad de la muestra, ya que analizan a jugadores y atletas jóvenes, con muestras bastante parejas en cuanto a su edad. Para obtener datos pertinentes respecto a otros parámetros serán en estudios como el de Shalaj et al., (2020) en los que claramente como podemos observar en la **Tabla 3**, se puede ver como el grupo de lesionados tiene una edad superior que el grupo de no lesionados, aunque la diferencia de edad no sea muy grande, por lo que podremos hablar del aumento de la edad como factor de riesgo para la lesión, siendo este un factor de riesgo más claro por sus implicaciones fisiológicas que por sus resultados en los estudios analizados, aunque en muchos de ellos se habla de la edad como un factor de riesgo claro.

Tabla 3.

Lesionados dependiente de la edad.

	Not injured (n = 103)	Injured (n = 40)	η^2 (95% CI)	p-Value (t-tests)
	Mean \pm SD	Mean \pm SD		
Age (years)	22.2 \pm 3.9	26.1 \pm 3.4	1.06 (-6.45 to -3.96)	<0.001***

Nota: Recuperado de Shalaj et al., (2020), en la tabla se puede observar como la edad de los lesionados con respecto a la de los no lesionados por lesión isquiotibial es mayor (26,1 – 22,2).

5.1.3 TEMPERATURA AMBIENTE

La temperatura ambiente a la hora de entrenar o competir afecta a la musculatura y estaría relacionada con la lesión isquiotibial como plantean Tokutake y Kuramochi (2020). Estos pudieron comprobar que los días con temperaturas altas la probabilidad de lesión isquiotibial disminuía significativamente, casi 3 veces menos, (2,70/10,00 personas lesionadas/ día) los días con climas cálidos, comparado con (6,41/10.000 personas lesionadas/ día) en los días con climas fríos por lo que se puede afirmar que la temperatura ambiente es un factor de riesgo no modificable para la lesión isquiotibial. Una de las mayores limitaciones de este estudio se encuentra en que los momentos de mayor frío en Japón, se darán fuera de la temporada atlética siendo los meses de descanso (diciembre a febrero), por lo que no se podrá saber realmente si los climas con temperaturas mas frías afectarían de mayor manera a la incidencia lesional. Aunque parece clara la implicación de este

factor que además se relaciona mucho con el momento de la temporada como veremos más adelante.

Los factores de riesgo no modificables, parecen claros determinantes de la lesión isquiotibial y será importante tenerlos en cuenta, aunque los que más nos interesarán serán los factores modificables, con los que mediante la prevención y el entrenamiento podremos reducir la incidencia lesional.

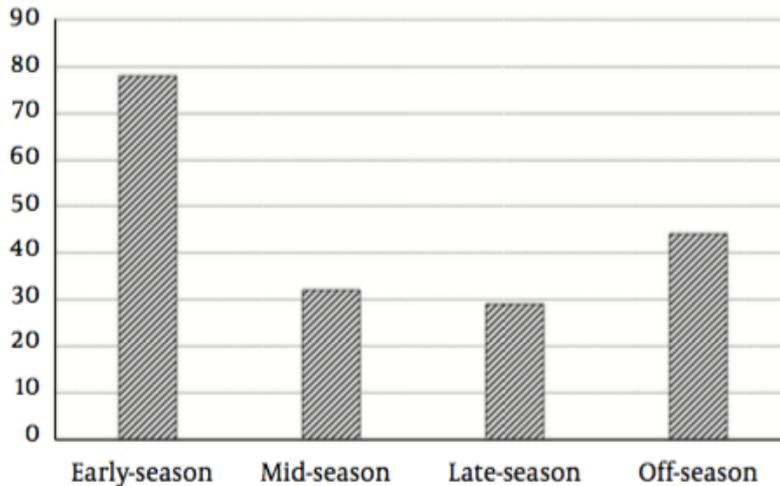
5.2 Factores de riesgo modificables

5.2.1 MOMENTO DE LA TEMPORADA (Carga de trabajo)

La incidencia de la lesión varía a lo largo de la temporada, siendo los momentos iniciales de la temporada un periodo crítico, como constatan Tokutake y Kuramochi (2020) los cuales evalúan las lesiones isquiotibiales a lo largo de 4 temporadas atléticas, anotando el periodo de la temporada en el que se dan. Como se observa en la **Figura 5** la incidencia lesional es más de 2 veces mayor al inicio de la temporada (2.41/100 personas lesionadas al mes) que a la mitad de la temporada (0.99/100 personas lesionadas al mes) y al final de la temporada (0.90/100 personas lesionadas al mes). Estos resultados se justifican en dos parámetros. Primeramente las temperaturas, que al inicio de la temporada suelen ser menores, lo cual como hemos visto antes es un factor de riesgo para la lesión. A ello debe sumarse, en segundo lugar, que la carga de trabajo y las demandas en velocidad crecen rápidamente en esta parte de la temporada, muchas veces sin una correcta planificación de las cargas de trabajo, por lo tanto podemos afirmar que el inicio de la temporada deportiva es un momento crítico y una buena planificación de las cargas será fundamental como confirman Yeung et al., (2014) describiendo como el momento de mayor incidencia lesional es el principio de la temporada, pudiendo constatarse en los resultados de su estudio que un 58.4% de las lesiones isquiotibiales se dieron en las primeras 100 horas de entrenamiento. Consecuentemente, los primeros momentos de la temporada son un momento crítico para las lesiones isquiotibiales, convirtiéndolo en un factor de riesgo, el cual se puede modificar poniendo especial atención a la preparación inicial de los deportistas, y a una adecuada distribución de las cargas, todo sumado a un buen programa de prevención de lesiones.

Figura 5.

Número de lesiones divididas por momentos de la temporada.



Nota: Recuperado de Tokutake y Kuramochi (2020).

5.2.2 FATIGA

La fatiga siempre se ha considerado como un factor de riesgo para todas las lesiones musculares. Coratella et al., (2015) valoran el efecto de ésta en la producción de fuerza de cuádriceps e isquiotibiales y su posible relación con la lesión isquiotibial. Encuentran que después de un protocolo de fatiga de simulación de un partido de fútbol en futbolistas jóvenes, el ángulo de torque máximo de los isquiotibiales aumentaba, dando por ello un mayor acortamiento de éstos, y una inestabilidad en el ratio H:Q funcional de la pierna dominante, respecto del que se produjo un descenso post protocolo de fatiga. Consideran que esto se debe al mayor número de fibras de tipo rápido que se encuentran en los isquiotibiales en comparación con el cuádriceps, por lo que su fatigabilidad será mayor. De la misma manera, comprobaron que solo se redujo el ratio funcional H:Q (**H_{exc}:Q_{con}**) y no el convencional (**H_{con}:Q_{con}**), lo que explica que la mayor fatigabilidad de los isquiotibiales se produce en acciones excéntricas, específicamente en los momentos en los que se encuentra en su mayor longitud como es la última fase de vuelo previa al apoyo inicial. Por esto los autores afirman que la fatiga es un factor de riesgo para la lesión isquiotibial, siendo el trabajo excéntrico isquiotibial en amplitudes grandes fundamental, siguiendo la línea con lo estudiado durante los

últimos años por la mayoría de investigadores, el trabajo señala la importancia de la fuerza excéntrica isquiotibial como se comentará durante esta revisión.

Por el contrario aunque estudiando también la fatiga, Lehnert et al., (2018) no encuentran diferencias significativas entre la mayoría de parámetros medidos como la fuerza o los ratios H:Q funcionales entre las mediciones pre y post protocolo de fatiga que intenta simular el esfuerzo de un partido de fútbol. Esto se debe seguramente a lo que los mismos autores comentan, que para los jugadores el protocolo de esfuerzo no produjo un resultado comparable al esfuerzo realizado en un partido de fútbol, no siendo por tanto lo suficientemente demandante, por lo que los resultados podrían verse alterados.

Por tanto, puede considerarse que bajo la suficiente demanda y con una fatiga alta nos encontraríamos con una disminución de la fuerza excéntrica isquiotibial, lo que conllevaría un aumento de riesgo de la lesión isquiotibial, por lo que trabajar esta y su fatigabilidad será clave en los programas de prevención lesional.

5.2.3 FUERZA

a) RATIOS DE FUERZA H:Q

Los ratios de fuerza de fuerza H:Q (Hamstrings:Quadriceps) son una relación entre los torques de fuerza pico de ambas musculaturas del muslo, por lo que una gran diferencia entre estos estará asociado con un mayor riesgo de lesión. Existen varios tipos de ratios, el ratio H:Q convencional mide la fuerza concéntrica máxima de ambos músculos a la misma velocidad angular, mientras que el ratio H:Q funcional mide la fuerza excéntrica de la musculatura isquiotibial comparada con la concéntrica de la musculatura del cuádriceps. Una gran diferencia entre musculaturas, o entre ambas piernas podría suponer un predictor de lesión del MMII. (Barca Innovation Hub, 2019)

Costa et al., (2014) explican como una disminución de los ratios H:Q son directamente proporcionales a un aumento de la posibilidad de la lesión, y por esto los ratios H:Q se han utilizado como predictores de lesión isquiotibial y de rodilla en los últimos años. Así mismo Yeung et al., (2009) encontraron una estrecha relación entre las mediciones llevadas a cabo en la pretemporada del ratio convencional H:Q a 180°/s y una mayor incidencia de lesión isquiotibial, ya que al disminuir este

ratio, aumentaba el riesgo de lesión. Llegan a afirmar que un ratio H:Q convencional ($180^\circ/\text{s}$) menor de 0.6 multiplicaba de gran manera el riesgo de lesión siendo 17 veces más probable, aunque estos valores no serían los mismos en el ratio funcional.

Estos mismos autores comentan que con lo encontrado en otros artículos, las cifras de riesgo en el ratio H:Q convencional variarán dependiendo del deporte, el sexo de los participantes y su nivel, por lo que parecería claro que los ratios H:Q son un predisponente de lesión fiable. No obstante, son varios los autores que discrepan de estos resultados, como Shalaj et al., (2020) y Tokutake et al., (2018) que encontraron pocas diferencias significativas al analizar los ratios H:Q, concluyendo ambos que la utilización de estos ratios no es efectiva como predictor de lesión isquiotibial por su baja fiabilidad.

Por todo ello, podemos concluir que los valores en los ratios de fuerza H:Q no son un predisponente de lesión claro, debido a las discrepancias de los autores y los resultados que obtienen, aunque habrá que tener en cuenta su variabilidad, debido a las velocidades angulares en las que se miden, y que su posición de medición no será específica de las acciones deportivas (medición sentado entre 80° - 110° de flexión de cadera), por lo que aunque las conclusiones sobre la eficacia de este ratio a la hora de predecir una lesión isquiotibial sean confusas, será importante aclarar que sigue siendo un parámetro que se utiliza frecuentemente en la investigación, y como medidor de la fuerza general, como es el caso de los artículos de Arsenis et al., (2020), Brito et al., (2010), Costa et al., (2014) y Lehnert et al., (2018).

b) FUERZA EXCENTRICA ISQUIOTIBIAL

Como ya hemos podido ir vislumbrando por otros factores de riesgo como la fatiga la cual afectaba a la fuerza excéntrica o los ratios H:Q funcionales, este será un importante factor de riesgo para la lesión. Schache et al., (2012) encuentran que el momento más vulnerable de la carrera a la lesión isquiotibial es la fase final del vuelo previa al apoyo inicial, debido a la alta carga excéntrica que sufre esta musculatura en ese momento. Los autores recalcan que las acciones excéntricas son las más lesivas para el músculo, pudiendo producir daño a nivel de las fibras del músculo. Por lo que concluyen que una baja fuerza excéntrica isquiotibial es un

factor de riesgo lesional para la musculatura isquiotibial. De la misma manera, Shalaj et al., (2020) determinan que un mal resultado en el test de isquiotibiales Nórdico (NHST), que es un test de fuerza excéntrica, es un indicativo de aumento del riesgo de lesión isquiotibial, teniendo los jugadores de fútbol que sufrieron una lesión isquiotibial unos resultados peores en el test que los no lesionados. Por ello puede concluirse que la fuerza excéntrica isquiotibial es fundamental a la hora de prevenir lesiones isquiotibiales, siendo un parámetro que se verá afectado por otros como es la fatiga. Un buen programa de prevención debe incorporar por tanto trabajo excéntrico isquiotibial.

c) PRODUCCIÓN DE FUERZA HORIZONTAL

La fuerza horizontal cobra gran importancia en los deportes con grandes desplazamientos en esta dirección. Ishøi et al., (2020) analizan la fuerza horizontal describiendo el momento del ciclo de la carrera en que se da, posterior a la fase de deceleración excéntrica isquiotibial, que se corresponde con la fase final del vuelo, seguido de una posterior extensión de cadera con una flexión de rodilla, en la fase inicial del apoyo, donde se dará esta producción de fuerza horizontal. Los autores concluyen no encontrar diferencias significativas en este parámetro en ninguno de los sprints entre los grupos de lesionados y no lesionados por lo que no consideraron que se pudiera considerar como un factor de riesgo de reincidencia lesional, aunque recalcan varias veces que sus resultados difieren de muchos otros estudios realizados y esto se puede deber al diseño del suyo propio. En contraposición, Edouard et al., (2021) encontraron que aunque las mediciones realizadas al inicio de la temporada no tenían una correlación directa con una posterior lesión isquiotibial, una medición durante la temporada de Fh0 (fuerza teórica máxima horizontal) a bajas velocidades (que se da en el inicio de la carrera), sí que está relacionada con una posterior lesión, poco tiempo después de la medición, especificando que una disminución de 1N.kg de Fh0 se asociaba con un riesgo de lesión isquiotibial 2.67 veces mayor.

En la línea expuesta, Mendiguchia et al., (2016) encuentran como Fh0 es menor tanto en los momentos previos a la lesión, como posteriormente a ésta, incluso a la vuelta de la practica deportiva. Por ello, que coincidiendo con los anteriores autores,

recalcan la importancia de la medición periódica de este parámetro a la hora de prevenir lesiones isquiotibiales.

Puede concluirse que aunque no concuerden todos los autores que se analizan en el estudio, es bastante fiable afirmar que la medición de Fh0 de manera periódica, será una gran herramienta en la prevención de lesiones isquiotibiales, debido a su correlación directa entre su disminución y una lesión isquiotibial inminente.

5.2.4 RANGO DE MOVIMIENTO ARTICULAR

El ROM siempre se ha discutido como un factor de riesgo de lesión. Tokutake et al., (2018) encontraron que el ROM de flexión de cadera pasivo era mucho mayor en los lesionados que en los no lesionados previamente (115° vs 110°), de la misma manera que el ROM de extensión de cadera pasivo también era mayor en los lesionados (17° vs 15°). No obstante afirman que ninguno de estos datos es estadísticamente significativo debido a la poca variabilidad entre los lesionados y los no lesionados, por lo que no pueden realmente denotar que este sea un factor de riesgo medible a la hora de poder sufrir una lesión isquiotibial, hay que señalar que haría falta más investigación con una muestra más grande. Por esto no se puede clasificar como factor de riesgo fiable, sin poder concluir por tanto, que un mayor o menor ROM de cadera sea un factor de riesgo isquiotibial real.

5.2.5 POSICIÓN EN LA CARRERA

La posición corporal en la carrera cambia la longitud de la musculatura. Una flexión del tronco que se da al inicio de la carrera de velocidad y una posición de tronco erguido que se da hacia el final, pueden influenciar en el posible riesgo de lesión isquiotibial. Higashihara et al. (2015) encuentran que la posición de flexión del tronco conlleva una anteversión pélvica, sumado a una flexión de cadera, lo que contribuye a un mayor estiramiento isquiotibial en el momento del apoyo del ciclo de la carrera. También señalan que el estiramiento excéntrico en la fase final del apoyo de la musculatura de la cabeza larga del bíceps femoral y del semimembranoso es mayor en la carrera con flexión del tronco, por lo que la carga que se da en estos músculos sería mayor, aumentando así la probabilidad de lesión con respecto a una posición del tronco erguida. No obstante, esta conclusión debería evaluarse conjuntamente con la mejora de la aceleración en la carrera, por

lo que eliminar esta posición en momentos en los que se necesita una gran aceleración podría no ser la mejor solución, siendo un factor de riesgo con difícil modificabilidad. En todo caso debe señalarse la falta de investigación por otros autores de este factor.

5.2.6 VELOCIDAD DE FLEXIÓN DE RODILLA EN LA CARRERA

Aunque una gran velocidad de flexión de rodilla siempre se ha considerado un factor de rendimiento, también puede analizarse desde un punto de vista de la prevención lesional como hacen Lundberg Zachrisson et al., (2021). En su investigación subdividen las lesiones dadas en una temporada atlética por zonas corporales en un grupo de 97 atletas suecos. La conclusión que alcanzan es que una baja velocidad de flexión de rodilla en la carrera (en la fase de apoyo), se encontraba mayormente en el grupo de los lesionados en la zona del muslo (isquiotibiales, cuádriceps y aductores), en comparación con los atletas del grupo que no habían sufrido una lesión, siendo éste el único factor de riesgo específico de la región del muslo que encontraron. Estos autores justifican la lesión en esta zona con sus hallazgos, debido a que al tener un retardo en la flexión de rodilla la amortiguación de la carga impuesta en la carrera se retrasa, dando una mayor carga a los músculos del muslo en este momento. En todo caso concluyen que esto no se puede deber a una falta de movilidad, dado que ambos grupos tuvieron un ROM de flexión de rodilla similar, por lo que la medición de este parámetro no resultó concluyente. Este resultado no se puede comparar con otros estudios, ya que no suelen medirlo a la hora de evaluar los riesgos de lesión isquiotibial, por lo que aunque es un factor de riesgo potencial e interesante, no podemos clasificarlo como tal con la información que se dispone en este momento.

Con esta información podemos ver claramente como algunos factores de riesgo como son una lesión previa, la edad o la fuerza excéntrica isquiotibial tienen una evidencia alta, conviniendo la mayoría de las investigaciones en la prevalencia de éstos como factores potenciales de riesgo. Ciertamente existen otros factores con evidencia no tan clara, o respecto de los cuales no se pueda dilucidar su implicación en la lesión, requiriéndose una mayor investigación. Como puede verse en la **Tabla 4**, se pueden organizar los factores de riesgo según su evidencia, determinado si

son extrínsecos o intrínsecos y si son no modificables o modificables. El trabajo de prevención se centrará especialmente en estos últimos.

Tabla 4.

Evidencia de los factores de riesgo de la lesión isquiotibial.

FACTORES DE RIESGO	INTRÍNSECOS	EXTRÍNSECOS
NO MODIFICABLES	<ul style="list-style-type: none"> - Historia previa de lesión - Edad 	<ul style="list-style-type: none"> - Temperatura ambiente
MODIFICABLES	<ul style="list-style-type: none"> - Fatiga - Fuerza <ul style="list-style-type: none"> o Ratios H:Q o Excéntrica o Horizontal - ROM - Posición en la carrera - Velocidad de flexión de rodilla 	<ul style="list-style-type: none"> - Momento de la temporada (carga de trabajo)

Nota: En la tabla podemos encontrar los factores con más evidencia en color verde, los factores de riesgo con evidencia aunque con discrepancias entre los autores en color naranja y los factores que necesitan mayor investigación en color rojo.

5.3 Prevención de la lesión

Tras lo expuesto en torno a los factores de riesgo podremos hablar de la importancia de un programa de prevención de lesiones basado en la reducción de estos factores y la incidencia lesional.

Son varios los estudios que hablan del programa de prevención de lesiones propuesto por la FIFA (11+), el cual tuvo una primera versión en el año 2005 y una revisión posterior en el año 2011, donde ya se publicó un manual completo (Bizzini et al., 2011).

En este manual se expone que los equipos de fútbol que realizaban el programa de prevención al menos 2 veces a la semana tenían una reducción en la incidencia

lesional en los entrenamientos de un 37% y un 29% en competición como podemos observar en la **Tabla 5**. Allí se refleja la comparación entre las lesiones del grupo que utilizaba el programa de prevención FIFA 11+ y el que calentaba de manera habitual.

Tabla 5.

Reducción de lesiones con el programa 11+.

Percentage of injured players	Performed the "11+"	Warmed up as usual	Reduction
All	13.0%	19.8%	-34.3%
Acute injuries	10.6%	15.5%	-31.6%
Overuse injuries	2.6%	5.7%	-54.4%
Knee injuries	3.1%	5.6%	-44.6%
Ankle injuries	4.3%	5.9%	-27.1%
Severe injuries	4.3%	8.6%	-47.7%

Nota: Recuperado de (Bizzini et al., 2011).

El programa está dividido en 3 partes. Una primera parte con ejercicios de carrera a baja velocidad y estiramientos activos, una segunda parte basada en ejercicios de fuerza y pliométricos, sumando agilidad y equilibrio, y por último una parte de ejercicios de velocidad rápidos con ejercicios de cambios de dirección. El programa cuenta con 3 niveles de dificultad en los que los jugadores pueden ir avanzando según dominen los ejercicios del nivel anterior.

Aparte de proporcionar un calentamiento efectivo, lo que resulta fundamental para evitar lesiones, este programa también se basa en la fuerza y en los ejercicios excéntricos isquiotibiales, que como se ha expuesto anteriormente son fundamentales, así como ejercicios en carrera donde poder trabajar la fuerza horizontal (Fh0), también relevantes a la hora de la prevención lesional.

La efectividad de este programa de prevención lo estudian varios autores como Brito et al., (2010), estos autores encuentran que la mayoría de parámetros de fuerza medidos obtuvieron una mejora después de las 10 semanas realizando el programa de prevención "11+". Específicamente los mayores cambios se dieron en la fuerza concéntrica y excéntrica de los isquiotibiales de la pierna no dominante

como podemos ver en la **Tabla 6**. Por ello, se plantea que el programa es efectivo a la hora de mejorar la fuerza y por tanto en prevenir lesiones específicamente de rodilla y lesiones de la musculatura isquiotibial, en concordancia con lo expuesto anteriormente en esta revisión sobre la importancia de la fuerza excéntrica isquiotibial como posible factor de riesgo.

Tabla 6.

Cambios en los valores de fuerza con el programa “11+”.

	Dominant			Non dominant		
	Pre (Nm)	Post (Nm)	$\Delta\%$ (95% CI)	Pre (Nm)	Post (Nm)	$\Delta\%$ (95% CI)
Peak Torque						
Q _{CON} 60°/s	212.4 (48.4)	222.2 (41.2)	6.9 (0.6 to 13.1)*	205.3 (40.2)	208.7 (52.9)	1.2 (-4.5 to 7.0)
Q _{CON} 180°/s	147.2 (39.7)	156.8 (38.9)	8.3 (0.8 to 15.8)*	144.0 (32.1)	149.1 (41.2)	3.2 (-3.5 to 9.9)
Q _{ECC} 30°/s	238.1 (67.0)	243.4 (76.0)	6.4 (-7.2 to 20.1)	227.4 (64.9)	239.6 (77.0)	7.7 (-3.6 to 18.9)
H _{CON} 60°/s	109.1 (30.0)	124.4 (28.8)	20.4 (1.5 to 39.3)*	105.9 (31.2)	116.3 (26.7)	14.6 (3.8 to 25.3)*
H _{CON} 180°/s	86.5 (22.1)	90.7 (22.0)	6.5 (-3.3 to 16.2)	84.1 (25.0)	91.7 (20.8)	15.0 (0.8 to 29.2)*
H _{ECC} 30°/s	129.3 (42.4)	124.7 (36.7)	-3.3 (-12.6 to 6.0)	114.3 (31.8)	129.5 (34.5)	14.3 (3.7 to 24.7)*

Nota: Recuperado de Brito et al., (2010), en la tabla se observa como la mayoría de parámetros sufren un cambio significativo, específicamente los valores de fuerza isquiotibial de la pierna no dominante.

De la misma manera Arsenis et al., (2020) en concordancia con los creadores del programa y con Brito et al, encuentran un aumento de la fuerza concéntrica de los músculos isquiotibiales en ambas piernas (un 15% de mejora para la pierna dominante y un 8% para la no dominante), además de encontrar una mejora en los índices generales de equilibrio de ambas piernas. Sus resultados coinciden por tanto con los anteriores autores en que el programa “11+” es eficaz a la hora de prevenir lesiones en futbolistas jóvenes, siendo este un programa basado en la fuerza de la musculatura del tren inferior así como de equilibrio. No obstante, en este estudio no consideran como parámetro clave a la mejora de la fuerza excéntrica isquiotibial, lo que si ha sido afirmado por otros trabajos. A pesar de ello, puede recalarse la eficacia probada de este programa, en el que los diferentes entrenadores podrán basarse, adaptándolo siempre a su deporte y a cada deportista de forma individual.

De la misma manera se considera importante como ya hemos mencionado un buen calentamiento. En esta línea, Costa et al., (2014) plantean que los estiramientos dinámicos producen una perdida de fuerza concéntrica y excéntrica especialmente

de la musculatura isquiotibial, así como una disminución del ratio H:Q funcional. Por ello consideran que el uso de estiramientos dinámicos como método de prevención de lesiones implementándolos en el calentamiento, no serán eficaces, ya que la disminución de fuerza y de los ratios H:Q, estarían ligados a un mayor riesgo de lesión específicamente de rodilla y de la musculatura isquiotibial en deportes en los que los requerimientos de velocidad sean altos. Para este estudio, una disminución de la fuerza excéntrica isquiotibial sería un factor de riesgo de lesión isquiotibial, por lo que no se recomendaría que los programas de prevención incluyeran estos estiramientos, de manera previa a entrenamientos o competiciones que requieran de acciones de velocidad.

5.4 Disminución del rendimiento post-lesión

La lesión isquiotibial como ya se ha expuesto es muy prevalente y supone una cuantiosa pérdida de horas de entrenamiento y competición. Por ello resulta importante para los deportistas entender cual será su rendimiento a la vuelta de la practica deportiva. Ishøi et al., (2020) exploran el rendimiento post-lesión isquiotibial de varios jugadores de fútbol los cuales ya se habían recuperado por completo de la lesión. Como resultado, encontraron que no había diferencias significativas en los parámetros de la carrera medidos mediante un test de sprints repetidos, por lo que esta lesión no afectaba de forma directa al rendimiento deportivo, una vez que los jugadores se habían recuperado correctamente.

Tabla 7.

Comparación de los datos entre lesionados y no lesionados.

	Previous HSI (n=11)	No previous HSI (n=33)	Between-group mean difference, [95% CI], Cohen's <i>d</i>	Main effect, p-value
F _{H0} (N/kg)	7.88 (0.60)	8.30 (0.89)	- 0.42 [-0.92; 0.08], <i>d</i> =0.51	0.099
V ₀ (m/s)	8.28 (0.90)	7.83 (0.44)	0.45 [0.06; 0.85], <i>d</i> =0.77	0.025
P _{max} (W/kg)	16.34 (2.39)	16.21 (1.98)	0.13 [-1.24; 1.49], <i>d</i> =0.06	0.853
D _{RF}	-0.089 (0.012)	-0.098 (0.019)	0.009 [0.001; 0.016], <i>d</i> =0.50	0.020

Nota: Recuperado de Ishøi et al., (2020), en la tabla podemos ver como no se encuentran diferencias realmente significativas ($p < 0,05$) teniendo el grupo de lesionados previos una mayor velocidad.

En este estudio se señala que la tasa de reincidencia lesional después de una rotura isquiotibial es muy alta en los primeros meses de volver al deporte (siendo hasta de un 50% en el primer mes de volver a la práctica del fútbol), por lo que consideran que aunque no haya una diferencia significativa en los parámetros de la carrera de velocidad, serán los déficits neurofisiológicos que se dan comúnmente después de una lesión, la principal razón de la alta reincidencia lesional. Por ello concluyen que en los factores de rendimiento no veremos realmente una disminución una vez el jugador se haya recuperado de la lesión.

En cambio, Mendiguchia et al., (2016), en una investigación en la que siguen a dos jugadores antes y después de su lesión isquiotibial, afirman que tras esta lesión (en el periodo de recuperación) hay una disminución de los valores de fuerza y velocidad y una clara alteración de la curva de fuerza velocidad, encontrando una disminución de la velocidad máxima teórica. Aclaran que la capacidad de producir fuerza a bajas velocidades (F_{h0}) cambia tanto antes como después de una lesión isquiotibial, aunque comparando estos datos con el estudio anterior, se puede considerar que estos cambios en el rendimiento serán transitorios hasta una recuperación completa de la lesión isquiotibial. Puede afirmarse, en consecuencia, que no existirán cambios en los valores de fuerza y de velocidad y, por lo tanto, del rendimiento una vez que el deportista se ha recuperado correctamente de la lesión.

6. FUTURAS LÍNEAS DE INVESTIGACIÓN

Hasta la fecha los autores se han centrado en identificar factores de riesgo analizando solo un factor o midiendo únicamente ciertos parámetros, por lo que sería interesante aislar el resto de factores de riesgo que se pudieran modificar, como la carga de trabajo, para investigarlos por separado. También sería interesante realizar trabajos con una muestra poblacional más homogénea y más grande para poder ofrecer resultados dotados de una mayor fiabilidad.

Las variables psicológicas parecen las grandes olvidadas de las investigaciones, y sería importante comprobar como afectan éstas a la lesión isquiotibial, tratándolas como posibles factores de riesgo de la lesión.

De la misma manera sería importante relacionar los factores de riesgo que ya conocemos que inciden realmente en el aumento de la incidencia lesional, como son una lesión previa o una avanzada edad, con unos planes de prevención de lesiones que cubran los déficits de estos factores de riesgo. Así mismo como ya hace el protocolo “11+” de la FIFA con los futbolistas jóvenes, sería importante tener protocolos de prevención de lesiones en los diferentes deportes con demandas altas de velocidad, adaptándolos a las necesidades de cada deporte, para que posteriormente los entrenadores los pudieran ajustar a las propias necesidades específicas de cada uno de sus deportistas. Más concretamente, sería conveniente el desarrollo de planes de prevención específicos de la lesión isquiotibial, dada su alta prevalencia en este tipo de deportes, adaptándolos así a las distintas exigencias de estos deportes.

Por ultimo, casi todas las investigaciones se realizan con un solo club deportivo o equipo, por lo que sería interesante incluir varios clubs o equipos deportivos para que las variables del entrenamiento y de cómo los entrenadores plantean éste, estuvieran presentes a la hora de medirlas como posibles factores de riesgo.

7. CONCLUSIONES

Respecto a los objetivos principales del trabajo, se concluye que los factores de riesgo de la lesión isquiotibial en los deportes basados en la velocidad son amplios y diversos y difíciles de clasificar. Y aunque algunos presentan mayores evidencias, como son una historia previa de lesión isquiotibial o un aumento de la edad, la mayoría de ellos no son concluyentes debido a los diversos resultados encontrados por los autores y las diferentes metodologías de estudio. Resulta necesario realizar más investigaciones para poder afirmar que estos factores influyen y de qué manera en una posible lesión isquiotibial en los deportes basados en la velocidad. De la misma manera, al desconocer realmente la mayoría de factores de riesgo y su relación con la lesión isquiotibial realizar programas de prevención será complejo, sin que exista una investigación al respecto. Aunque existen programas como el "11+" de la FIFA, los cuales tienen una relación probada con una disminución de la lesión en jugadores jóvenes de fútbol, aun cuando los mismos no son específicos de la lesión isquiotibial. Por ello es importante crear programas de prevención específicos para cada deporte, centrándolos en la lesión isquiotibial debido a la prevalencia de ésta.

Con respecto a los objetivos específicos:

- Se concluye que la lesión isquiotibial previa es uno de los mayores predictores de una nueva lesión de este tipo. Esto se puede deber a los déficits neurofisiológicos post lesión, lo que sumado a una mala recuperación y un mal programa de prevención de lesiones podrían ser la causa de un porcentaje de reincidencia lesional tan elevado.
- La lesión isquiotibial una vez recuperada correctamente no presentará una pérdida de rendimiento deportivo en comparación con un deportista no lesionado, aunque se demuestra una pérdida de la Fh0 durante los primeros momentos de la recuperación.
- Se comprueba que medir el ratio H/Q convencional a 180°/s del deportista y su Fh0 de manera habitual podrían ser buenos test y predictores de lesión isquiotibial en los deportes basados en la velocidad, así como la realización de test para medir la fuerza excéntrica de esta musculatura, como es el test de isquiotibiales nórdico.

8. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Arsenis, S. et al. (2020). Effects of the FIFA 11+ injury prevention program on lower limb strength and balance. *Journal of Physical Education & Sport*, 20(2), 592–598. <https://doi.org/10.7752/jpes.2020.02087>
- Barca Innovation Hub. (24 de septiembre de 2019) The relationship between the H:Q ratio and hamstring injuries <https://barcainnovationhub.com/the-relationship-between-the-hq-ratio-and-hamstring-injuries/>
- Bizzini, M. et al. (2011). 11+ Manual. A complete warm-up programme to prevent injuries. (F-MARC) FIFA Medical Assessment and Research Center. https://www.yrsa.ca/wp-content/uploads/2019/11/pdf/Fifa11/11plus_workbook_e.pdf
- Brito, J. et al. (2010). Isokinetic strength effects of FIFA's "The 11+" injury prevention training programme. *Isokinetics & Exercise Science*, 18(4), 211–215. <https://doi.org/10.3233/IES-2010-0386>
- Coratella, G. et al. (2015). Fatigue affects peak joint torque angle in hamstrings but not in quadriceps. *Journal of Sports Sciences*, 33(12), 1276–1282. <https://doi.org/10.1080/02640414.2014.986185>
- Costa, P. B. et al. (2014). Effects of Dynamic Stretching on Strength, Muscle Imbalance, and Muscle Activation. *Medicine & Science in Sports & Exercise*, 46(3), 586–593. <https://doi.org/10.1249/MSS.0000000000000138>
- Edouard, P. et al. (2021). Low Horizontal Force Production Capacity during Sprinting as a Potential Risk Factor of Hamstring Injury in Football. *International Journal of Environmental Research and Public Health*, 18(15). <https://doi.org/10.3390/ijerph18157827>

- Higashihara, A. et al. (2015). Effects of forward trunk lean on hamstring muscle kinematics during sprinting. *Journal of Sports Sciences*, 33(13), 1366–1375. <https://doi.org/10.1080/02640414.2014.990483>
- Hoskins, W., y Pollard, H. (2010). A descriptive study of a manual therapy intervention within a randomised controlled trial for hamstring and lower limb injury prevention. *Chiropractic & Osteopathy*, 18(1), 23. <https://doi.org/10.1186/1746-1340-18-23>
- de Hoyo, M. et al. (2013). Revisión sobre la lesión de la musculatura isquiotibial en el deporte: factores de riesgo y estrategias para su prevención. *Revista Andaluza de Medicina Del Deporte*, 6(1), 30–37.
- Ishøi, L. et al. (2020). Sprint Performance in Football (Soccer) Players with and without a Previous Hamstring Strain Injury: An Explorative Cross-Sectional Study. *International Journal of Sports Physical Therapy*, 15(6), 947–957.
- Kenneally, D. C. J. B. et al. (2019). Late swing or early stance? A narrative review of hamstring injury mechanisms during high-speed running. *Scandinavian Journal of Medicine & Science in Sports*, 29(8), 1083–1091. <https://doi.org/10.1111/sms.13437>
- Lehnert, M. et al. (2018). Changes in Injury Risk Mechanisms after Soccer-Specific Fatigue in Male Youth Soccer Players. *Journal of Human Kinetics*, 62, 33–42. <https://doi.org/10.1515/hukin-2017-0157>
- Liu, H. et al. (2012). Injury rate, mechanism, and risk factors of hamstring strain injuries in sports: A review of the literature. *Journal of Sport & Health Science*, 1(2), 92–101. <https://doi.org/10.1016/j.jshs.2012.07.003>
- Lundberg Zachrisson, A. et al. (2021). Risk factors for overuse injuries in a cohort of elite Swedish track and field athletes. *BMC Sports Science, Medicine & Rehabilitation*, 13(1), 73. <https://doi.org/10.1186/s13102-021-00297-x>
- Made, A. et al. (2015). The hamstring muscle complex. *Knee Surgery, Sports Traumatology, Arthroscopy*, 23(7), 2115–2122. <https://doi.org/10.1007/s00167-013-2744-0>

- Mendiguchia, J. et al. (2016). Field monitoring of sprinting power–force–velocity profile before, during and after hamstring injury: two case reports. *Journal of Sports Sciences*, 34(6), 535–541. <https://doi.org/10.1080/02640414.2015.1122207>
- Schache, A. G. et al. (2012). Mechanics of the Human Hamstring Muscles during Sprinting. *Medicine & Science in Sports & Exercise*, 44(4), 647–658. <https://doi.org/10.1249/MSS.0b013e318236a3d2>
- Shalaj, I. et al. (2020). Potential prognostic factors for hamstring muscle injury in elite male soccer players: A prospective study. *PloS One*, 15(11), e0241127. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0241127>
- Stępień, K. et al. (2019). Anatomy of proximal attachment, course, and innervation of hamstring muscles: a pictorial essay. *Knee Surgery, Sports Traumatology, Arthroscopy*, 27(3), 673–684. <https://doi.org/10.1007/s00167-018-5265-z>
- Tokutake, G. et al. (2018). The Risk Factors of Hamstring Strain Injury Induced by High-Speed Running. *Journal of Sports Science & Medicine*, 17(4), 650–655.
- Tokutake, G. y Kuramochi, R. (2020). Association of Hamstring Strain Injuries with Season and Temperature in Track and Field Collegiate Athletes in Japan: A Descriptive Epidemiological Study. *Asian Journal of Sports Medicine*, 11(1), 1–6.
- Yeung, S. S., Suen, A.M.Y., Yeung, E.W. (2009). A prospective cohort study of hamstring injuries in competitive sprinters: preseason muscle imbalance as a possible risk factor. *British Journal of Sports Medicine*, 43(8), 589–594. <https://doi.org/10.1136/bjism.2008.056283>