

# LESIÓN DE LA MUSCULATURA ISQUIOSURAL EN FUTBOLISTAS Y SU PREVENCIÓN

Injury of the hamstring musculature in soccer players and its prevention

**Jorge Valverde Rayo**



Titulación: Ciencias de la Actividad Física y del Deporte

Convocatoria de defensa: Junio 2019

Director: Muyor Rodriguez, José María

## Índice

1. Resumen .....	3
2. Introducción .....	5
2.1. Justificación del estudio .....	6
2.2. Metodología .....	7
3. Tipología de lesiones en fútbol. ....	8
3.1. Localización de las lesiones .....	9
3.3. Momento de la lesión .....	9
4. Musculatura isquiosural.....	11
4.1. Morfología de la musculatura isquiosural.....	11
4.2. Características de la musculatura isquiosural.....	11
4.3. Lesión de la musculatura isquiosural .....	12
4.3.1. Clasificación de HSI.....	13
4.3.2. Momento en el que se produce la lesión .....	14
4.3.3. Factores de riesgo.....	14
4.4.4. Epidemiología lesional.....	16
5. Prevención de lesiones.....	18
5.1. Rango óptimo de movimiento .....	18
5.2. Entrenamiento de fuerza.....	20
5.3. Entrenamiento excéntrico.....	21
5.3.1. Curl Nórdico.....	22
5.4. Otros ejercicios para la prevención de HSI.....	23
5.5. Sprint.....	24
6. Actualidad y futuro.....	25
7. Conclusión.....	26
8. Bibliografía .....	27
10. ANEXOS .....	34

## **1. Resumen**

El fútbol es un deporte con un alto porcentaje de lesiones. Desde hace ya muchos años y en la actualidad, se vienen estudiando las lesiones producidas en el fútbol profesional ya que suponen terribles consecuencias tanto deportivas como económicas para los clubes de élite.

Dentro de ellas, las lesiones por distensión en la musculatura isquiosural (HSI), son las más comunes y reincidentes en el fútbol. Son muchas las investigaciones que se han llevado a cabo para la prevención de esta lesión en los últimos años pero lo cierto es que, debido a la complejidad biomecánica de la musculatura isquiosural entre otras características, el porcentaje de lesiones en esta musculatura no solamente no ha disminuido, sino que ha aumentado en la última década.

En esta revisión bibliográfica se analizan los estudios que se han llevado a cabo sobre la HSI, así como los ejercicios que se deben realizar para su prevención. Es necesario conocer tanto el mecanismo de esta lesión como los factores de riesgo para poder diseñar métodos correctos y eficaces de prevención. De este modo se intenta, por un lado disminuir la aparición de lesiones musculares y por otro minimizar el tiempo de recuperación.

El objetivo principal del presente trabajo es analizar y justificar la HSI, así como las propuestas de ejercicios llevados a cabo para prevenir esta lesión.

Son muchas las investigaciones llevadas a cabo sobre la HSI y los métodos de entrenamiento para su prevención. En este trabajo se revisan los métodos de entrenamiento más estudiados y la posibilidad de combinarlos para la prevención de la HSI.

### **Palabras clave**

Lesión muscular, entrenamiento excéntrico, sprint, factores de riesgo, entrenamiento de fuerza.

## **Abstract**

Football is a sport with a high percentage of injuries. For many years, injuries of professional football players have been studied as they cause terrible consequences within the sport and financially, for the elite clubs.

Among them, injuries due to distension on the hamstring muscle (HSI), are the most common and repeated in football. There are many investigations that have been carried out for the prevention of this injury in recent years but the truth is, that due to the biomechanical complexity of the hamstring muscle, among other of its characteristics, the percentage of injuries in this musculature has not only not decreased, but it has increased in the last decade.

This bibliographic review analyses the studies that have been carried out on HSI, as well as the exercises that are supposed to be done for its prevention. It is necessary to know the mechanism of this injury as well as its risk factors, in order to be able to design correct and effective methods of prevention. In this way we try on the one hand to decrease the appearance of muscle injuries and on the other to minimize the recovery time it takes.

The main objective of this paper is to analyze and justify the HSI, as well as the proposed exercises carried out to prevent this injury.

There are many investigations carried out on HSI and training methods for its prevention. This paper examines the most studied training methods and the possibility of combining them for HSI prevention.

**Key words:** Muscle injury, eccentric training, sprint, risk factors, strength training.

## **2. Introducción**

Según la Federación Internacional de Fútbol (FIFA), el fútbol es el deporte más popular en el mundo reconociendo a 200.000 futbolistas profesionales a nivel mundial y a más de 265 millones de futbolistas aficionados, de los cuales el 80% aproximadamente son hombres y el 20% restante son mujeres (Arliani, Belangero, Runco y Cohen, 2011). El fútbol es un deporte de equipo en el que se diferencian diversas posiciones: portero, defensa central, defensa lateral, medio-centro, media-punta, extremo y delantero. Los partidos tienen una duración de 90 minutos divididos en dos partes de 45 minutos cada una más un pequeño tiempo añadido a juicio del árbitro (Guillén, 2014).

En la práctica del fútbol existe una importante incidencia de lesiones debido a las altas exigencias neuromusculares y articulares que se producen en este deporte (Junge y Dvorak, 2004). Concretamente las lesiones musculares son comunes en deportes con altas demandas de velocidad y potencia como en el caso del fútbol (Askling, Karlsson y Thorstensson, 2003).

Dichas lesiones musculares son un problema muy importante en el fútbol profesional constituyendo más de un tercio de las ausencias totales por lesión en un equipo de fútbol profesional (Ekstrand, Hägglund y Waldén, 2011). Dentro de ellas, las lesiones por distensión en la musculatura isquiosural (HSI), son la causa más común de pérdida de entrenamiento y tiempo de competición en deportes de equipo, representando el 30% de todas las lesiones (Opar, Williams y Shield, 2012). En el fútbol profesional, aproximadamente uno de cada cinco jugadores sufre una HSI en alguna temporada, y más del 20% de estos se convierten en reincidentes de esta misma lesión (Ekstrand, Lee y Healy, 2016 en Bourne et al., 2018). Todo ello supone un grave problema dentro del fútbol profesional debido a que las lesiones en los futbolistas se traducen en grandes problemas para los intereses económicos y deportivos de los clubes (Small, McNaughton, Greig y Lovell, 2009).

Por desgracia, estas lesiones tienen un origen multifactorial y variado, de modo que el estudio de dichas lesiones queda bastante limitado así como su prevención mediante estrategias de entrenamiento (Cos, Cos, Buenaventura, Pruna y Ekstrand, 2010). A pesar de toda la investigación y comprensión adicional de HSI en los últimos 20 años, no se ha reducido la incidencia de lesiones y la tasa de HSI sigue siendo extremadamente alta (Brunker, 2015).

Por otra parte, también es cierto que dadas las implicaciones económicas y de rendimiento de estas lesiones, en los últimos años ha surgido un importante cuerpo de investigación en un intento por identificar los factores de riesgo de dicha lesión, desarrollando y optimizando estrategias para la prevención de lesiones. (Shield y Bourne, 2017).

## **2.1. Justificación del estudio**

Tras realizar una búsqueda detallada en la literatura que tiene como objetivo el estudio del fútbol y su relación con la HSI, ha sido evidente comprobar que existe una amplia cantidad de bibliografía sobre este tema. Esto puede ser debido a la popularidad del fútbol a nivel mundial y al elevado número de participantes que practican este deporte. Cabe destacar que los estudios encontrados sobre la prevención de la HSI han sido mayoritariamente protagonizados por futbolistas masculinos, siendo muy reducidas aquellas investigaciones que estudian la categoría femenina de este deporte.

Debido a las exigencias neuromusculares y articulares que presenta el fútbol, no es de extrañar que exista un elevado porcentaje de lesiones musculares entre los practicantes de este deporte, viéndose afectado principalmente la musculatura del miembro inferior debido a las características de este deporte.

Mi propia experiencia en este deporte, así como las lesiones que he sufrido durante la práctica del fútbol, han sido los principales motivos por los cuales me he sentido atraído para llevar a cabo mi trabajo fin de grado sobre el tema en cuestión.

El motivo de la elección de una revisión bibliográfica se debe al alto porcentaje de artículos disponibles sobre las lesiones en el fútbol y más concretamente sobre la HSI.

Por lo tanto, el objetivo del presente trabajo es analizar y justificar la HSI, así como las propuestas de ejercicios llevados a cabo para prevenir esta lesión.

## **2.2. Metodología**

Los artículos seleccionados para esta revisión se obtuvieron de las bases de datos electrónicas PubMed, Dialnet y Scopus. La búsqueda bibliográfica ha sido llevada a cabo desde Febrero de 2019 hasta mayo de 2019, en los idiomas español e inglés. Las palabras clave utilizadas en esta búsqueda fueron: Prevención de lesiones en fútbol, musculatura isquiosural, lesión isquiosural, entrenamiento excéntrico, hamstrings, injury prevention, muscle train y frequent football injuries. De los artículos no seleccionados, se incluyeron artículos de su bibliografía si estaban relacionados con la musculatura isquiosural o la prevención de lesiones. Se han incluido artículos donde los deportistas sufren la HSI en otros deportes diferentes al fútbol. Por otra parte, se han descartado los artículos encontrados en idiomas que no sean español o inglés así como todos aquellos que no han sido relevantes para el objetivo de la revisión.

### **3. Tipología de lesiones en fútbol.**

Podemos definir lesión como la acción producida durante un partido o entrenamiento, la cual necesita un seguimiento por la necesidad de obtener un diagnóstico y un tratamiento del tejido lesionado, provocando la ausencia del deportista de dicho partido o entrenamiento (Junge y Dvorak, 2004). Por otra parte, la incidencia de lesión se puede definir como el conjunto de lesiones que se producen durante un período determinado de tiempo y que puede ser calculada en función al tiempo que el deportista esté lesionado, tanto en partidos como en entrenamientos (Cáceres, Olmos, Sampietro y Madrid, 2010).

El deporte más practicado hoy en día en el mundo es el fútbol, pero también es el más lesivo. Las exigencias que presenta este deporte junto con las características inherentes del juego y la multitud de situaciones en las que se produce contacto físico, hacen que el fútbol se convierta en el deporte que mayor índice de lesión presenta (Wong y Hong, 2005). Esto es debido a que el factor de rendimiento en el fútbol es la resistencia a la fuerza explosiva. Esto conlleva la realización de esfuerzos máximos continuos de corta duración, con leves pausas de corta duración pero sin llegar a la recuperación completa y produciéndose por tanto acumulación de fatiga que va aumentando a medida que avanza el partido. A todas estas características debemos sumarles que el fútbol es un deporte de contacto. Todo ello incrementa notablemente los riesgos de lesión por parte de los jugadores que practican fútbol (Guillén, 2014)

Se debe tener en cuenta que el exceso de cualquier actividad deportiva puede producir cambios en la composición corporal. Según el estudio de Casajús, (1991) en Guillén, (2014) con la Selección Española de Fútbol, el somatotipo de cada jugador es diferente atendiendo a la posición donde juegue. Se demuestra que los porteros son los jugadores más pesados y más altos, los defensas los más jóvenes y los delanteros los menos pesados y con menor talla. Según Guillén, (2014) la práctica del deporte puede modificar la estructura corporal, de modo que un adecuado seguimiento sobre la evolución a edades tempranas es favorable tanto para que el deportista conozca si se produce alguna anomalía de forma precoz, como a las entidades y clubes deportivos a conocer el efecto que dicho entrenamiento está produciendo en el desarrollo del deportista.



### **3.1. Localización de las lesiones**

Muchos autores (Koutures y Gregory 2009, Carling, 2009, Van Beijsterveldt et al., 2011, Paterson, 2009, Habelt, Hasler, Steinbrück y Majewski, 2011 en Guillén, 2014) coinciden en que las lesiones que más se repiten en el fútbol se producen en las extremidades inferiores. Según Carling, (2010), el 80% de las que se producen en la musculatura inferior se consideran de moderada gravedad y los futbolistas no tardan más de una semana en recuperarse. Además afirma que las diferentes posiciones de los jugadores no influyen en el incremento de la aparición de lesiones. En cuanto a la edad, Koutures y Gregory (2009) en Guillén (2014), sostiene que los jugadores con menos de 15 años son los que poseen mayor prevalencia de lesiones. Con respecto al sexo, prácticamente la totalidad de los autores (Koutures y Gregory 2009; Dahlström, Backe, Ekberg, Janson y Timpka, 2012; Habelt et al., 2011 en Guillén, 2014), coinciden en que las mujeres sufren más lesiones, en una proporción de 3:1 con respecto a los hombres.

Por otra parte, Bruncker, (2015) afirma que la suma de todas las lesiones producidas en las extremidades inferiores supone el 50% del total. Dentro de ellas, Paterson, (2009) Guillén (2014), afirma que las abrasiones y las contusiones son las más comunes (70 – 75%). En cambio para Carling, (2010) los esguinces de tobillo son las lesiones más frecuentes en las extremidades inferiores.

Referente al tema en cuestión cabe destacar que, encabezando la lista de lesiones más frecuentes dentro del fútbol profesional, encontramos las distensiones o roturas de la musculatura isquiosural que forman el 30% del total. Otro aspecto importante es la tasa de reincidencia de esta lesión, situada entre el 12 y el 16% de los jugadores lesionados (Ekstrand, Hägglund, y Waldén, 2011).

### **3.3. Momento de la lesión**

En un estudio realizado por Dvorak, Junge, Derman y Schweltnus, (2011) se demuestra que la tasa de lesión en la primera parte de un partido de fútbol es de 30.3% mientras que en la segunda parte asciende notablemente a 66.9%. En el tiempo añadido se produce el 3.1% restante. Según Yamada et al., (2012), la mayoría de las lesiones producidas en un partido de fútbol tienen lugar en los últimos quince minutos de partido. Valorando la incidencia de lesión, Longo, Loppini, Cavagnino, Maffulli y Denaro, (2012) en su estudio sobre jugadores de fútbol profesionales demostraron un

índice de 1,5 – 7 lesiones por cada 1.000 horas de entrenamiento, elevándose los datos hasta las 12 – 35 lesiones por cada 1.000 horas en los partidos oficiales.

Sabemos que en el fútbol profesional se producen aproximadamente 9 lesiones por cada 1.000 horas de juego (competiciones y entrenamientos). Para poder hacernos una idea de la magnitud de este problema podemos compararlo con una empresa de 25 trabajadores, donde la equivalencia sería tener a 9 trabajadores de baja laboral cada semana. (López, Lorenzo y Jiménez 2012).

#### **4. Musculatura isquiosural**

En el fútbol, la HSI siguen siendo una de las razones principales por las que los jugadores pasan demasiado tiempo apartados de los terrenos de juego. Perder jugadores por varias semanas debido a la HSI puede costar a los clubes no sólo el hecho de no ganar partidos y campeonatos, sino también puede ser una pérdida financiera enorme. (Jovanović, 2018). En los jugadores profesionales de fútbol, la tasa de lesiones musculares se ha mantenido alta y sin cambios durante más de una década (Ekstrand, Waldén y Hagglünd, 2016).

##### **4.1. Morfología de la musculatura isquiosural**

La musculatura isquiosural está formada por los músculos semimembranoso (SM), semitendinoso (ST) y la cabeza larga del bíceps femoral (BF<sub>lh</sub>). (ANEXO 1). La cabeza corta del bíceps femoral (BF<sub>sh</sub>) es un músculo mono-articular que comparte un tendón común con la BF<sub>lh</sub> y es considerado frecuentemente como un músculo isquiosural (Kellis, 2018).

El nombre correcto de esta musculatura es isquiosural y no isquiotibial, ya que su origen es la tuberosidad isquiática, con excepción de la BF<sub>sh</sub> que se origina en la línea áspera del fémur, cruzando la cadera y la rodilla posteriormente, y se inserta distalmente en la cabeza del peroné. El semitendinoso se inserta en la pata de ganso superficial, junto al recto interno y al sartorio y el semimembranoso se inserta en la meseta tibial (Mónaco y Maffulli, 2018).

##### **4.2. Características de la musculatura isquiosural.**

La musculatura isquiosural es un grupo de músculos que actúan simultáneamente en dos articulaciones flexionando la rodilla y extendiendo la cadera. Las funciones principales de los isquiosurales son la flexión de rodilla, la extensión de la cadera y la estabilización del tronco (Estruch, 2017).

Este grupo muscular tiene la capacidad de producir grandes fuerzas, lo que conlleva una importante repercusión en situaciones específicas del juego donde se producen cambios de dirección, sprints y golpeo de balón (Del Hoyo, Naranjo-Orellana, Carrasco, Sañudo, Jiménez-Barroca y Domínguez-Cobo, 2013).

En comparación con el cuádriceps, la musculatura isquiosural se considera músculos diseñados para una producción de baja fuerza pero una alta velocidad de estiramiento y contracción. Analizando la suma de todos los componentes musculares individuales, el grupo isquiosural muestra una menor masa muscular y, por lo tanto, un menor potencial de generación de fuerza que el cuádriceps (Kellis, 2018).

La función de la musculatura isquiosural es fundamental para el desempeño de actividades dinámicas como el sprint o el golpeo de balón, así como para mantener la estabilidad de la articulación de la rodilla (Kellis, 2018).

### **4.3. Lesión de la musculatura isquiosural**

Siguiendo las recomendaciones de International Injury Consensus Group (Ayala, 2018), la HSI se define como un dolor agudo en la localización de los isquiosurales que se produce durante el entrenamiento o la competencia deportiva y que da lugar a la terminación inmediata del juego y la incapacidad de participar en las próximas sesiones de entrenamiento o partidos, confirmado a través de un examen clínico en el cual se puede identificar dolor en la palpación y dolor con contracción isométrica.

Las lesiones musculares son frecuentes en los músculos biarticulares, como es el caso del grupo muscular isquiosural (Mónaco y Maffulli, 2018). Dentro de estas, la HSI es la lesión más común en futbolistas suponiendo el 37% de las lesiones musculares y en su conjunto el 30% de todas las lesiones producidas en el fútbol (Ekstrand, Healy, Waldén, Lee, English y Häggglund, 2012). Por si fuera poco, la incidencia de lesiones de la HSI ha aumentado en la última década (Lee, Mok, Chan, Yung y Chan, 2017).

Este problema lo sufren todos los grandes clubes a nivel profesional. Y no solo afecta a nivel económico, sino que existe una asociación entre las tasas de lesiones más bajas y el mejor rendimiento del equipo en las competiciones internacionales y nacionales además de ser un grave desencadenante en el rendimiento de un equipo (Häggglund, Waldén, Magnusson, Kristenson, Bengtsson y Ekstrand, 2017).

Ahora bien, uno de los problemas que presenta esta lesión es que tanto los mecanismos como las tasas de lesión no sólo varían entre los músculos isquiosurales, sino también dentro de cada componente isquiosural. Concretamente, de los cuatro isquiosurales, el BFlh es el más lesionado (69%), y concretamente su porción larga el lugar donde habitualmente se localiza el daño muscular, seguido por el SM (18%) y el ST (13%).

Además, la mayoría de las lesiones ocurren en la zona proximal del músculo, principalmente en la unión del tendón muscular (Kellis, 2018). El BFlh se lesiona con mayor frecuencia durante la carrera, en cambio, cuando la lesión se produce debido a un sobreestiramiento, la localización más común de la lesión es el SM, concretamente el tendón proximal (Del Hoyo et al., 2013). Referente a lo mencionado anteriormente, hay una serie de factores que se han sugerido como buenos indicadores en cuanto a la gravedad y al tiempo de espera para volver a competir. Bruncker, (2015) sugiere que cuanto más cerca está la lesión de la tuberosidad isquiática, más largo es el tiempo de recuperación.

#### **4.3.1. Clasificación de HSI**

Hasta hoy, se han descrito dos tipos diferentes de HSI con diferentes mecanismos de lesión. Las HSI tipo I ocurren durante el funcionamiento de alta velocidad. Se ha demostrado que se producen lesiones en la musculatura isquiosural durante la fase terminal de giro, cuando los músculos isquiosurales se contraen excéntricamente para desacelerar la extremidad oscilante y prepararse para el impacto del talón en el suelo. El BFlh está más comúnmente involucrada en HSI tipo I, normalmente en la unión músculo-tendón proximal. Las HSI tipo II se presentan en el ajuste de alargamiento excesivo de los isquiosurales. Las HSI tipo II suelen involucrar el tendón proximal del SM, cerca de la tuberosidad isquiática. Se ha demostrado que la recuperación de HSI tipo II es más prolongada que las tipo I (Samuel, Chu, Mónica y Rho, 2016)

La HSI también se puede clasificar por la gravedad del dolor, debilidad y pérdida del rango de movimiento. Podemos diferenciar tres grados según la gravedad de la lesión: Las lesiones de grado I son leves sin pérdida de fuerza o función, pérdida mínima de integridad estructural de la unidad musculotendinosa y bajo grado de inflamación. Las lesiones de grado II presentan pérdida moderada de fuerza. Puede haber edema muscular y hematoma. Las lesiones de grado III son graves, implican ruptura del tejido y suponen una pérdida significativa de la función (Samuel, Chu, Mónica y Rho, 2016).

### **4.3.2. Momento en el que se produce la lesión**

Algunos autores coinciden en que los momentos más vulnerables para la aparición de esta lesión son los siguientes: Fase de balanceo de carrera; en esta fase se produce un cambio rápido de una función concéntrica a una excéntrica por parte de la musculatura isquiosural, en el momento en que la pierna está desacelerando antes de impactar en el suelo. Segunda fase de balanceo; la musculatura isquiosural se elonga y se activa excéntricamente para frenar la cadera al mismo tiempo que extiende la rodilla preparando el impacto del pie contra el balón o el momento en el que el talón se apoya en el suelo. Los gestos más críticos son el sprint, cambios de dirección, aceleraciones, desaceleraciones y golpeo de balón (Linares, 2014), siendo la carrera a alta velocidad o sprint el gesto que principalmente provoca esta lesión (Ekstrand et al., 2012).

### **4.3.3. Factores de riesgo**

Siguiendo a Ekstrand et al., (2011), es necesario analizar todos aquellos factores de riesgo que producen lesiones musculares en el fútbol, haciendo especial hincapié en la musculatura isquiosural, ya que es la lesión que con más frecuencia sufren los futbolistas.

Existen diferentes factores de riesgo que se relacionan con el elevado índice de sufrir una lesión en la musculatura isquiosural. Entre los factores más destacados encontramos: Haber sufrido esta lesión previamente (Orchard, 2001 en Moreno, Barbado, Juan, Quesada y Vera, 2013), el déficit en cuanto a la flexibilidad (Witvrouw, Danneels, Asselman, D'Have y Cambier, 2003 en Moreno et al., 2013) y los desequilibrios producidos entre la fuerza de la musculatura flexora y la fuerza de la musculatura extensora de la rodilla (Croisier, 2004; Croisier, Forthomme, Namurois, Vanderthommen, y Crielaard, 2002; Jönhagen, Németh, y Eriksson, 1994; Yeung, Suen, Yeung, 2009 en Moreno et al., 2013) Este último factor sea quizás el más importante ya que dicha lesión se produce de forma más común en gestos como el golpeo o el sprint, es decir, acciones balísticas de extensión de rodilla donde se produce una activación excéntrica de los músculos flexores de la rodilla para poder frenar lo antes posible la acción producida por los músculos extensores. (Bennell, Wajswelner, Lew, Schall-Riauour, Leslie, Plant, y Cirone, 1998; Petersen y Hölmich, 2005 en Moreno et al., 2013).

Por otra parte, el estudio de Oriol, Leyton, Pascual y Batista, (2018) habla acerca de la gravedad de una lesión de isquiosurales incluso una vez que el futbolista se ha recuperado por completo. Afirman que, tras una lesión en la musculatura isquiosural, el futbolista puede sufrir cambios significativos en el patrón motor del golpeo, así como en diferentes variables psicológicas y su relación entre ambas. Todo ello produce un descenso del rendimiento deportivo que se ve reflejado en factores como la velocidad máxima de carrera o la velocidad en el golpeo de balón.

La mayoría de las lesiones articulares y musculares se ocasionan debido a métodos de entrenamiento inadecuados, ya que, o el futbolista no respeta el tiempo de recuperación adecuado tras una fase de competición o entrenamiento, o porque el ejercicio no se interrumpe inmediatamente una vez que ha aparecido el dolor muscular. Algunos autores sugieren que el elemento más importante para prevenir lesiones en el fútbol de élite reside en la gestión óptima de la carga del jugador. Hay evidencia emergente de que la sobrecarga de partidos y entrenamientos es uno de los factores clave que conducen a un mayor riesgo de lesiones. Son muchos los factores de riesgo que en mayor o menor medida contribuyen a la aparición de la HSI (Buckthorpe et al., 2018) (ANEXO 2).

Diversos estudios, como el que llevaron a cabo Olascoaga, Santos y Bermúdez, (2013) demuestran que por lo general, se presentan menores niveles de flexibilidad por parte de los futbolistas en las extremidades inferiores si se comparan con sujetos sedentarios o incluso con otros deportistas. Esto hace que los futbolistas se clasifiquen como una población propensa a sufrir lesiones en la musculatura isquiosural. Además, el estudio realizado por Brockett, Morgan y Proske, (2004) demuestra como el ángulo en cuanto a la flexión máxima de rodilla en el momento máximo de fuerza es menor en deportistas con lesiones previas en la musculatura isquiosural y que, por tanto, son deportistas propensos a volver a sufrir una lesión en dicha musculatura.

En relación con lo mencionado anteriormente, el desequilibrio que se produce entre la musculatura que extiende la rodilla a través de la contracción concéntrica y por otro la musculatura que flexiona la rodilla mediante la contracción excéntrica, se utiliza como un posible mecanismo para poder revelar la aparición de lesiones en la musculatura isquiosural (Moreno et al., 2013). En esta línea, Del Hoyo et al., (2013) afirma que el

principal desencadenante de lesión de dicha musculatura es la realización de fuerza a nivel excéntrico de la musculatura isquiosural.

Y es que según Olascoaga et al., (2013), debido a la exigencia funcional y continua a la que están sometidos los futbolistas, es muy habitual que se desencadenen adaptaciones musculo-esqueléticas como la rigidez muscular y el acortamiento, sobre todo en la musculatura isquiosural.

El riesgo de recaer en esta misma lesión es muy elevado. Valle, Maffulli y Malliaras, (2012) afirma que la HSI a menudo causan síntomas prolongados y un alto riesgo de re-lesión y según Samuel et al., (2016) la tasa de recurrencia de lesión de isquiosurales es del 12% en el fútbol profesional. En esta misma línea, Toohei, Drew, Cook, Finch y Gaida, (2017) aseguran que la HSI a menudo se produce después de lesiones previas y que el riesgo de lesiones posteriores aumenta a medida que aumenta el número de lesiones anteriores, mientras que las lesiones posteriores pueden ser más graves. Esto se evidencia por una mayor incapacidad deportiva, es decir, una pérdida de tiempo significativa destinada a la realización del deporte. El mantenimiento de más de una lesión en una temporada reduce las posibilidades de un deportista de alcanzar sus metas de rendimiento hasta en un 68%.

En cambio la HSI en deportistas jóvenes son menos frecuentes. Su distribución anatómica es diferente a la de los adultos, con una incidencia algo mayor de lesiones en los músculos semimembranosos y semitendinosos. Lo que sí parece evidente es que la edad es un factor claro de riesgo en la HSI (Monaco y Maffulli, 2018).

#### **4.4.4. Epidemiología lesional**

Son muchos los autores que estudian las variables que influyen en el desarrollo de lesiones sobre los distintos grupos de población, con el objetivo de implantar protocolos de entrenamiento para su prevención. El estudio realizado por Ekstrand et al., (2011) se examina el índice de lesiones en el fútbol profesional durante las temporadas 2001-2002 a 2008-2009. Los resultados son 2908 lesiones en 2299 jugadores de las cuales un 92% de dichas lesiones afectan a las extremidades inferiores. La lesión de la musculatura isquiosural es la más reincidente formando el 37% del total de las lesiones producidas en las extremidades inferiores.



Akodu, Owoeye, Ajenifuja, Akinbo, Olatona y Ogunkunle (2012), en su revisión donde se analizan las particularidades sobre las lesiones producidas en la Copa de las Naciones de África (2011), se observa que se produjeron 89 lesiones durante toda la competición, de las cuales el 23% se produjeron en las extremidades inferiores y un 14% afectaron a la musculatura isquiosural.

Por otra parte, Ekstrand et al., (2012), ha llevado a cabo un estudio en el que son evaluados 23 equipos profesionales de Europa, en un periodo de 4 temporadas. En los resultados obtenidos en dicho estudio se observa que de las 516 lesiones que se han producido en la musculatura isquiosural, solamente el 11 y 5% ocurrieron en los músculos semimembranoso y semitendinosos respectivamente, mientras que el 83% restante afectan al bíceps femoral.

Por último, un estudio llevado a cabo por Melegati et al. (2013), donde se realiza un seguimiento a 36 futbolistas profesionales durante un periodo de una temporada, se observa como el número de lesiones registradas en dicho periodo es de 64, suponiendo un 31,3% del total las lesiones musculares.

## **5. Prevención de lesiones**

Un requisito previo para que cualquier intervención preventiva tenga éxito es una buena comprensión del mecanismo de lesión. La musculatura isquiosural actúa como extensor de cadera y flexor de rodilla durante la postura y la fase oscilante de la carrera. Los isquiosurales son susceptibles a lesiones durante la fase de giro terminal, es decir, el estiramiento musculotendinoso de la musculatura isquiosural parece ocurrir tanto en la fase de giro tardío (cadena cinética abierta) como durante la fase de postura tardía (cadena cinética cerrada) de sprint antes del contacto con el pie. El estiramiento muscular es significativamente mayor para el BFlh. Por otra parte, los datos de electromiografía indican que los isquiosurales están activos en esta misma fase del ciclo de marcha produciendo las condiciones potenciales para que se produzca una lesión por esfuerzo. Además, la musculatura isquiosural sufre un doble pico de contracción excéntrica, es decir, durante la fase de postura tardía y durante la fase de giro tardío de funcionamiento sobre el terreno. (Valle et al., 2012).

La HSI no es una lesión fácil de prevenir ya que pueden variar desde las tensiones y rupturas musculares agudas de los isquiosurales hasta la tendinopatía proximal crónica. Sin embargo, se han desarrollado multitud de estudios con el objetivo de desarrollar medidas preventivas para la HSI (Samuel et al., 2016).

### **5.1. Rango óptimo de movimiento**

El rango óptimo de movimiento (ROM), se puede definir como la flexibilidad que permite cada articulación. En el ámbito deportivo los músculos se involucran a través de su ROM, ya que de esta forma las articulaciones tienen tendencia a mantener una flexibilidad adecuada o por el contrario, a perderla (Bonser et al., 2016).

La flexibilidad se puede definir como la capacidad física de amplitud de movimiento de una o varias articulaciones. La flexibilidad, junto con la resistencia, la velocidad y la fuerza son las cualidades físicas básicas que se deben perfeccionar y potenciar para que los deportistas alcancen su máximo nivel de rendimiento físico (Gutiérrez, Fernández, Ponce, Lagares y De Castro, 2018) Por otro lado Di Santo (1997) en Olascoaga et al., (2013) define la flexibilidad como una capacidad psicomotora responsable de la minimización y la reducción de las resistencias llevada a cabo por las estructuras

neuromusculares y ofreciendo estabilización y fijación cuando un deportista ejecuta un movimiento de amplitud angular de forma voluntaria.

Es muy habitual en el ámbito de la salud físico-deportiva contar con una valoración óptima de la flexibilidad de la musculatura isquiosural, ya que está totalmente relacionado con un aumento en cuanto a la probabilidad a padecer lesiones musculoesqueléticas y con una disminución significativa del rendimiento deportivo (Olascoaga et al., 2013). Así mismo, un ROM en la musculatura isquiosural se puede asociar con una mayor productividad en cuanto al desarrollo de cualidades específicas en fútbol como son el salto, el sprint, el golpeo de balón o la agilidad (García-Pinillos, Ruiz-Ariza, Moreno del Castillo & Latorre-Román, 2015).

Un ROM en la musculatura isquiosural es muy importante en la gran mayoría de los deportes y dentro de ellos, el fútbol es uno de los más importantes. Se ha demostrado que el fútbol es uno de los deportes donde los isquiosurales poseen un mayor riesgo de lesión tanto en hombres como en mujeres y que una extensibilidad reducida por parte de esta musculatura se asocia a un mayor riesgo de sufrir lesiones en la musculatura isquiosural (Gutierrez et al., 2018).

Son muchos los autores que especifican que el desarrollo de un ROM por parte de la musculatura isquiosural es imprescindible en la práctica del fútbol. El estudio llevado a cabo por Besasso, (2011), afirma que los futbolistas que presentan mayores niveles de flexibilidad, desarrollan menores probabilidades de sufrir lesiones articulares, tendinosas o musculares, si los comparamos con aquellos futbolistas que presentan acortamientos musculares. Referente a lo mencionado anteriormente, Weineck (1988), Di Santo (1997) y Besasso (2011) en Olascoaga et al., (2013), se muestran a favor del desarrollo de la flexibilidad en futbolistas ya que esta proporciona mejoras significativas como el aumento de velocidad y de fuerza, la mejora de gestos técnicos específicos y por supuesto la disminución de predisposición a sufrir alguna lesión.

En esta misma línea, el estudio llevado a cabo por Vaquero-Cristóbal, Muyor, Alacid y López-Miñarro, (2013) donde participaron 17 futbolistas de tercera división durante un período de 16 semanas llevando a cabo un programa de estiramientos estático-activos para la mejora de la musculatura isquiosural realizados en la fase de la vuelta a la calma, demuestra como la aplicación de un programa de estiramientos de dicha musculatura mejora su extensibilidad en futbolistas reduciéndose de manera notable los casos de

futbolistas con cortedad en la musculatura isquiosural. Los autores afirman que, dado que muchos estudios coinciden en que la cortedad de la musculatura isquiosural aumenta notablemente la probabilidad de producirse lesiones en dicha musculatura, es muy recomendada la realización de una rutina de entrenamiento específico en futbolistas en la cual se lleven a cabo estiramientos de la musculatura isquiosural con el objetivo de prevenir lesiones en dicha musculatura.

Por lo general, el ROM en los futbolistas no es del todo adecuado. El estudio realizado por Gutierrez et al (2018), analiza la extensibilidad de los isquiosurales en futbolistas profesionales de la categoría femenina, mostrando como el nivel de extensibilidad de dicha musculatura es bastante limitado. Menciona que se deberían implantar programas específicos de estiramientos que proporcionen un aumento en cuanto a la extensibilidad de la musculatura isquiosural tanto para mejorar el rendimiento de las deportistas como para disminuir el riesgo de lesión.

Cabe destacar que algunos estudios relacionados con la flexibilidad en la musculatura isquiosural, confirman que la pierna hábil presenta un aumento en cuanto a los grados de movilidad en comparación con la pierna no hábil Santoja y Ferrer (1995), Carregaro y Silva (2007) y López-Miñarro (2010) en Olascoaga et al., 2013.

Si relacionamos la flexibilidad de la musculatura isquiosural con la posición que ocupan los futbolistas en el campo, diversos estudios como el de Calahorro y Torres-Luque (2011), mencionan que existe una relación entre la posición que el futbolista ocupa en el terreno de juego y el grado de flexibilidad. Afirman que los porteros son los jugadores que muestran valores más altos de movilidad, por delante de los extremos y en último lugar los defensas y delanteros.

## **5.2. Entrenamiento de fuerza**

La fuerza muscular se ha definido como la capacidad de ejercer fuerza sobre un objeto externo o resistencia. Dadas las exigencias y las características del fútbol, el deportista debe ejercer grandes fuerzas contra la gravedad para manipular su propia masa corporal y en ocasiones, también la masa corporal del oponente. La ausencia de fuerza muscular de un individuo no es tan solo un factor limitante de rendimiento, sino también un riesgo de HSI (Suchomel, Henry y Niphuis, 2016).

El fortalecimiento de la musculatura isquiosural en futbolistas es imprescindible. Las lesiones producidas en los isquiosurales a menudo ocurren cuando las fuerzas que exceden los límites mecánicos del tejido causan la interrupción mecánica. Como tal, una estrategia clave de prevención para prevenir la HSI debe ser el aumento de la capacidad del tejido, elevando así el umbral de seguridad para las lesiones (Buckthorpe et al., 2018).

Referente a lo citado anteriormente, muchos autores justifican el entrenamiento de fuerza como una medida imprescindible para prevenir la HSI. Lauresen, Bertelsen y Andersen, (2016) afirman que el entrenamiento de fuerza es crucial para la prevención de lesiones musculares. Exponen que las lesiones musculares producidas por sobreentrenamiento podrían reducirse a la mitad si aplicamos entrenamientos de fuerza. Lauresen, Andersen y Andersen, (2018) justifican que el entrenamiento de fuerza se asocia con la reducción del riesgo de lesiones deportivas ya que ha demostrado ser eficaz, accesible y rentable para los deportistas. En 2013, se compararon cuantitativamente los efectos preventivos de diferentes tipos de programas de ejercicios: entrenamiento de fuerza, propiocepción, estiramiento e intervenciones multicomponentes, siendo el entrenamiento de fuerza el que mejores resultados proporciona en la prevención de lesiones musculares (Lauresen et al., 2018).

### **5.3. Entrenamiento excéntrico**

En la actualidad, son muchas las investigaciones que proponen la realización de programas de entrenamiento llevando a cabo la activación excéntrica de la musculatura isquiosural para la prevención de la HSI (Buckthorpe et al, 2018).

El uso de entrenamiento excéntrico de la fuerza en la musculatura isquiosural es la estrategia más ampliamente investigada y basada en la evidencia científica recomendada para la prevención de la HSI y ha demostrado reducir significativamente el riesgo de HSI primario y secundario (65%–85%) (Buckthorpe et al, 2018). Además, dicho entrenamiento sobrecarga el músculo en mayor medida que el entrenamiento concéntrico y aumenta la fuerza y la masa muscular aumentando el diámetro de los sarcómeros en serie y el alargamiento de los fascículos isquiosurales (Shield y Murphy, 2018). Fuerza de esta magnitud, sólo es posible durante las contracciones excéntricas. Las contracciones excéntricas no sólo producen las fuerzas más altas, sino que también lo hacen con un gasto energético muy reducido (Valle et al., 2012).

La acción muscular excéntrica juega un gran papel en el ciclo de estiramiento-acortamiento donde precede a la acción concéntrica. El entrenamiento excéntrico para la prevención de lesiones ha sido sugerido como un medio para disminuir la alta prevalencia de estas lesiones, con resultados aún más prometedores que los observados con el entrenamiento concéntrico (Shield y Bourne, 2017).

Además de aumentar la fuerza, el tamaño y la flexibilidad de los músculos isquiosurales, el entrenamiento excéntrico tiene la capacidad de producir el endurecimiento de la musculatura isquiosural, aumentando el tamaño y la fuerza isométrica de la misma (Valle et al., 2012).

### **5.3.1. Curl Nórdico**

El Curl Nórdico (NH), es un ejercicio de pareja que se puede realizar fácilmente sin equipo especial. Este ejercicio implica que el deportista intenta resistir un movimiento hacia adelante-cayendo desde una posición de rodillas, usando la musculatura isquiosural para maximizar la carga en la fase excéntrica (Lovell y Siegler, 2014).

Dentro de la amplia variedad de ejercicios excéntricos para la musculatura isquiosural, el NH es el ejercicio que, según investigaciones recientes, mayores beneficios produce. Son muchos los estudios que afirman que el NH disminuye notablemente el riesgo de lesión en deportistas al aumentar la fuerza excéntrica de la musculatura isquiosural (Samuel et al., 2016).

Existen pruebas sólidas de que los programas de entrenamiento que incluyen el ejercicio NH disminuyen el riesgo de lesiones en la musculatura isquiosural hasta en un 51% a largo plazo en comparación con otros programas habituales de entrenamiento o calentamiento. La evidencia actual sugiere que la realización del ejercicio NH tanto solo como en combinación con otros programas de prevención de lesiones, es eficaz para prevenir lesiones en los isquiosurales. El ejercicio NH supone tal mejora, que en 2006, el Centro Médico y de Investigación de la FIFA incluye el ejercicio NH en el desarrollo del programa de prevención de lesiones (Samuel et al., 2016).

Samuel et al., (2016) realizan una revisión sistemática y un meta-análisis donde se evalúa la eficacia de los programas de prevención de lesiones para jugadores de fútbol y donde el ejercicio NH se asocia con una reducción significativa de las lesiones musculares sufridas en las extremidades inferiores.

Lovell y Siegler (2014) en su estudio asegura que la realización de dicho ejercicio es eficaz para reducir la incidencia de la HSI, aunque para optimizar su eficacia es necesario considerar cuidadosamente la programación de ejercicios.

#### **5.4. Otros ejercicios para la prevención de HSI**

Aunque está demostrado que el NH tiene grandes beneficios, se debe compaginar con otros ejercicios. Diversos estudios han demostrado que la magnitud de la activación del músculo isquiosural es variable dependiendo de los ejercicios que se realicen (Bourne et al., 2018).

Algunos autores afirman que el entrenamiento de estabilidad de cadera lumbopélvica en el deporte de élite es importante en la prevención de HSI. La pelvis es responsable de la transferencia de carga entre las extremidades inferiores y la columna vertebral. El movimiento pélvico, específicamente la inclinación pélvica anterior, o la inclinación lateral del tronco durante el sprint suponen un riesgo de HSI (Buckthorpe et al., 2018). Por otro lado, Gutierrez et al., (2018) recomiendan la utilización de la máquina yoyo leg curl específicamente para la lesión de isquiosurales, tanto para evitar lesiones del bíceps femoral como para la mejora de la máxima velocidad de carrera.

A continuación se describen, junto con los ya descritos anteriormente, algunos ejercicios recomendados para entrenar la fuerza de la musculatura isquiosural y de este modo prevenir la HSI: (ANEXO 4).

Peso muerto a una pierna. Ejercicio dominante de una pierna donde el control neuromuscular es necesario. Cadena cinética cerrada (segmento distal fijo) y alineación neutral lumbopélvica (Valle et al., 2012).

Peso muerto rumano. Los pies situados a la anchura de las caderas con las puntas hacia el frente. Durante el movimiento debemos bascular el peso hacia los talones para mantener el centro de gravedad estable. Se realiza un descenso de la barra delante del cuerpo empujando las caderas hacia atrás a medida que la barra desciende hasta quedar debajo de la rodilla. La columna debe estar alineada en todo momento. Realizar el movimiento contrario extendiendo la cadera a medida que la barra asciende hasta la posición inicial (Valle et al., 2012).

Superman arrodillado. Se parte desde la posición de cuadrupedia con las manos rodillas y pies alineados. Desde esta posición elevar el brazo y la pierna contraria hasta que queden alineados con la cadera. Mantener el equilibrio durante unos segundos y regresar a la posición inicial (Valle et al., 2012).

Slide leg curl. Ejercicio de pierna doble con extinción combinada de cadera y rodilla. Cadena cinética abierta (segmento distal móvil). La fase excéntrica se realiza durante la fase descendente mediante la flexión de rodilla y la extensión de la cadera durante la fase ascendente (Valle et al., 2012).

Sprinter eccentric leg curl. Flexión de la rodilla en fase concéntrica durante la aproximación del talón y excéntrica para contrarrestar las fuerzas impuestas por el cable. Cadena cinética abierta a una pierna. Se requiere estabilidad de la cadera en la pierna que soporta el peso del cuerpo y control neuromuscular del núcleo para contrarrestar las fuerzas de torsión creadas en el tronco (Valle et al., 2012).

Loaded lunge drops. Ejercicio a una sola pierna en cadena cinética cerrada. Paso amplio hacia delante logrando una tensión en la musculatura isquiosural debido a los aumentos en la cadera externa donde el momento de flexión es contrarrestado por un movimiento interno de la cadera en fase excéntrica (Valle et al., 2012).

Barbell leg curl. Ejercicio a doble pierna en cadena cinética cerrada (segmento distal fijo) Flexión de la rodilla en fase concéntrica durante la subida y excéntrica durante la fase descendente. Ambas se crean con un único movimiento de la cadera. La empuñadura de la barra asegura el compromiso muscular del tronco (Valle et al., 2012).

Por lo general, los protocolos de rehabilitación de isquiosurales que emplean ejercicios de larga duración han demostrado ser mucho más eficaces que los ejercicios convencionales para acelerar el tiempo necesario para volver a jugar después de una lesión (Bourne et al., 2018).

## **5.5. Sprint**

Verrall, Slavotinek, Barnes, (2005), expone que, uno de los objetivos fundamentales en cualquier tipo de entrenamiento es conseguir que la especificidad de dicho entrenamiento sea lo más cercanos posible a la competición. De modo que, lo más apropiado según el autor, es plantear situaciones en las que el objetivo principal sea



disminuir la predisposición a sufrir alguna lesión en la musculatura isquiosural, llevando a cabo ejercicios realizados con la misma intensidad con la que se realizaría en competición.

El estudio llevado a cabo por Wan, Qu, Garrett, Liu y Yu, (2018) muestran como el mayor pico de activación que se produce en los isquiosurales es precisamente cuando realizamos un sprint. La musculatura isquiosural alcanza los picos más altos de activación durante la fase de giro tardío (89.2% - 90.6% del ciclo de marcha). La activación máxima del BFlh y ST es mayor que las del SM. Cabe destacar que los picos de máxima activación son diferentes entre los músculos isquiosurales en el sprint, lo que puede explicar que el BFlh y el ST estén en mayor riesgo de lesión muscular en comparación con el SM.

El equipo Leicester City Football Club, campeón de la Premier League en la temporada 2015-2016, emplea ejercicios de isquiosurales orientados a la realización de sprint puro. Se lleva a cabo el ejercicio Running drill a alta velocidad realizado al final del entrenamiento. Los jugadores realizan de 2 a 4 repeticiones dependiendo del volumen de carga a alta velocidad en el entrenamiento (Shield y Murphy, 2018) (ANEXO 3).

## **6. Actualidad y futuro**

Kellis, (2018) afirma que las altas tasas de HSI se deben en parte a la recomendación de un enfoque simple de un solo componente para un problema multifactorial complejo. Si bien es cierto que la musculatura isquiosural puede tener una función común como grupo, hay diferencias significativas intra e íter-musculares en su diseño que pueden influir en su capacidad de generar fuerza, así como las respuestas a las demandas de carga externa. Estas variaciones intra e íter-musculares podrían sugerir que los ejercicios de isquiosurales no proporcionan el mismo estímulo a todos los componentes de la musculatura isquiosural. La investigación futura podría examinar si se pueden utilizar estrategias de intervención específicas para prevenir que músculos isquiosurales específicos soporten lesiones. Del mismo modo, los programas de rehabilitación diseñados para cada región del tendón muscular específico sostienen que podrían ser más beneficiosos que los programas diseñados para el conjunto de los isquiosurales.

Por otra parte Brukner, (2015) afirma que aunque ha habido progresos significativos en la literatura en los últimos años, todavía no se ha logrado reducir la incidencia de HSI y que son necesarias aumentar las investigaciones de alta calidad.

## **7. Conclusión**

Una vez estudiadas las propuestas de entrenamiento para la prevención de HSI, se debe intentar abarcar el mayor número de componentes que, siguiendo la bibliografía actual, contribuyen a un procedimiento en el que intervienen diferentes factores y donde la suma de todos ellos sea el resultado de una óptima prevención de HSI. De modo que los requisitos que deben aportar los ejercicios en la prevención de HSI son: mejorar la movilidad y el ROM, realizar ejercicios de estabilidad central, trabajar la activación excéntrica de la musculatura isquiosural como base de los movimientos que son potencialmente lesivos, incrementar la sensibilidad propioceptiva y combinar ejercicios de fuerza con la realización de ejercicios llevados a cabo con la misma intensidad con la que se realizaría en competición, como la realización de sprint puro.

## 8. Bibliografía

- Aceña, A. (2015). Lesiones musculares en fútbol: Revisión y diseño de protocolos preventivos en la lesión del bíceps femoral. *Revista de Preparación Física en Fútbol*, 11(1), 31-46.
- Akodu, A.K., Owoeye, O.B., Ajenifuja, M., Akinbo, S.R., Olatona, F. & Ogunkunle, O. (2012). Incidence and characteristics of injuries during the 2011 West Africa Football Union (WAFU) Nations' Cup. *African Journal of Medicine and Medical Science*, 41(4), 423-8.
- Al Attar, W.S., Soomro, N., Sinclan, P.J., Pappas, E. & Sanders, R.H. (2016). Effect of Injury Prevention Programs that Include the Nordic Hamstring Exercise on Hamstring Injury Rates in Soccer Players: A Systematic Review and Meta-Analysis. *Journal of Sports Medicine*, 47(1), 907-916.
- ArlianI, G.G., Belangero, P.S., Runco, J.L. & Cohen, M. (2011). The Brazilian Football Association (CBF) model for epidemiological studies on professional soccer player injuries. *Clinics*, 66 (10), 1707 – 1712.
- Askling, C.M., Karlsson, J. & Thorstensson, A. (2003). Hamstring injury occurrence in elite soccer players after preseason strength training with eccentric overload. *Scandinavian Journal of Medicine & Science in Sports*, 13(1), 244-250.
- Askling, C.M., Tengvar, M., Saartok. T. & Thorstensson, A., (2007). Acute first- time hamstring strains during slow speed stretching: clinical, magnetic resonance imaging, and recovery characteristics. *American Journal of Sports Medecine*, 35(1), 1716-24.
- Ayala, F., López-Valenciano, A., Gámez, J.A. Croix, M.D.S., Vera-García, F.J., García-Vaquero, M.D.P., Ruiz-Pérez, I. & Myer, G.D. (2018). A Preventive Model For Hamstring Injuries in Professional Soccer: Learning Algorithms. *International Journal of Sports Medicine*, 2(1), 3-22.
- Besasso, M. (2012). Relación entre de flexibilidad y lesiones músculo tendinosa en futbolistas. *Revista de la Asociación de Kinesiología del Deporte*, 40(2), 8-17.

- Bonser, R., Hancock, C., Hansberguer, B., Loutsch, R., Standford, E., Zeigel, A., Baker, R., May, J., Nasypany, A. & Cheatham, S. (2016). Changes in hamstring range of motion following neurodynamic sciatic sliders: a critically appraised topic. *Journal of sport rehabilitation*, 26(4), 1-16.
- Bourne, M.N., Timmins, G.R., Opar, D.A., Pizzari, T. Ruddy, J.D., Sims, C., Williams, M.D. & Shield, A.J. (2018). An Evidence-Based Framework for Strengthening Exercises to Prevent Hamstring Injury. *Journal of Sports Medicine*, 48(1), 251-267.
- Brockett, C.L., Morgan, D.L., & Proske, U. (2004). Predicting hamstring strain injury in elite athletes. *Medicine and Science in Sports and Exercise*, 36(3), 379-387.
- Brunker, P. (2015). Hamstring injuries: prevention and treatment-an update. *British Journal of Sports Medicine*, 49(1), 1241-1244.
- Buckthorpe, M., Wright, S., Bruce-Low, S., Nanni, G., Sturdy, T., Gross, S. Bowen, L., Styles, B., Villa, S., Davison, M. & Gimpel, M. (2018). Recommendations for hamstring injury prevention in elite football: translating research into practice. *British Journal of Sports Medicine*, 0(0), 1-8.
- Cáceres, J.M., Olmos, G., Sampietro, M., & Madrid, M. (2010). Incidencia y características de las lesiones producidas en el fútbol juvenil del Club Atlético Belgrano de Córdoba. *Revista de la Asociación Argentina de Traumatología del Deporte*, 35---40.
- Calahorro, F. & Torres-Luque, G. (2011). Parámetros relacionados con la preparación física del futbolista de competición. *Journal of Sport and Health Research*, 3(2), 113-128.
- Carling C. (2010). Match Injuries in Professional Soccer: Inter-Seasonal Variation and Effects of Competition Type, Match Congestion and Positional Role. *International Journal of Sports Medicine*, 31(1), 271- 276.
- Cos, F., Cos, M. A., Buenaventura, L., Pruna, R.& Ekstrand. J. (2010). Modelos de anaálisis para la prevención de lesiones en el deporte . Estudio epidemiológico de lesiones : el modelo Union of European Football Associations en el fútbol. *Apunts, Medicina de l'esport* 45(166), 95–102.

- Del Hoyo, M., Naranjo-Orellana, J., Carrasco, L., Sañudo, B., Jiménez-Barroca, J.J. & Domínguez-Cobo, S. (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), 30-3.
- Dvorak, J., Junge, A., Derman, W. & Schweltnus, M. (2011). Injuries and illnesses of football players during the 2010 FIFA World Cup. *Journal of Sports Medicine*, 45, 626-630.
- Ekstrand, J., Healy, J. C., Waldén, M., Lee, J. C., English, B., & Hägglund, M. (2012). Hamstring muscle injuries in professional football: the correlation of MRI findings with return to play. *British Journal of Sports Medicine*, 46(2), 112-117.
- Ekstrand, J., Hägglund, M. & Waldén, M. (2011). Epidemiology of muscle injuries in professional football (soccer). *American Journal of Sports Medicine*, 39(6), 1226-32.
- Ekstrand, J., Waldén, M. & Hägglund, M. (2016). Hamstring injuries have increased by 4% annually in men's professional football, since 2001: a 13-year longitudinal analysis of the UEFA Elite Club injury study. *British Journal of Sports Medicine*, 50(1), 731-737.
- Estruch, J.V. (2017). *Valoración de la efectividad en el estiramiento neurodinámico del nervio ciático frente a los estiramientos convencionales en jóvenes futbolista* (tesis de pregrado). Universitas Miguel Hernández, Elche.
- Gabbett, T.J. (2016). The training injury prevention paradox: should athletes be training smarter and harder. *British Journal of Sports Medicine*, 50(1), 273-280.
- García-Pinillos, F., Ruiz-Ariza, A., Moreno del Castillo, R. & Latorre-Román, P.A. (2015). Impact of limited hamstring flexibility on vertical jump, kicking speed, sprint, and agility in Young football players. *Journal of Sports Sciences*, 33(12), 1293-1297.
- Goode, A.P., Reiman, M.P., Harris, L., DeLisa, L., Kauffman, D.B., Poole, C. Ledbetter, L. & Taylor, A.B. (2015). Eccentric training for prevention of

- hamstring injuries may depend on intervention compliance: a systematic review and meta-analysis. *British Journal of Sports Medicine*, 49(1), 349-356.
- Guillen, J. (2014). *Influencia de la práctica deportiva en la morfología de la espalda. Estudio mediante proyección de luz estructurada* (tesis doctoral). Universidad de Valencia, España.
- Hägglund, M., Waldén, M., Magnusson, H., Kristenson, K., Bengtsson, H. & Ekstrand, J. (2013). Injuries affect team performance negatively in professional football: an 11-year follow-up of the UEFA Champions League injury study. *British Journal of Sports Medicine*, 47(1), 807-808.
- Jovanovic, M. (2018). Predicting non-contact hamstring injuries by using training load data and machine learning methods. URL: [www.complementarytraining.net/predicting-hamstring-injuries](http://www.complementarytraining.net/predicting-hamstring-injuries)
- Junge, A. & Dvorak, J. (2004). Soccer injuries: a review on incidence and prevention. *Journal of Sports Medicine*, 34(13), 929-38.
- Kellis, E. (2018). Intra- and Inter-Muscular Variations in Hamstring Architecture and Mechanics and Their Implications for Injury: A Narrative Review. *Journal of Sports Medicine*, 34(29), 41-50.
- Koulouris, G. & Connell, D. (2003). Evaluation of the hamstring muscle complex following acute injury. *Skeletal Radiology*, 32(10), 582-9.
- Lauersen, J.B., Bertelsen, D.M. & Andersen, L.B. (2014). The effectiveness of exercise interventions to prevent sports injuries: a systematic review and meta-analysis of randomised controlled trials. *British Journal of Sports Medicine*, 48(1), 871-877.
- Lauersen, J.B., Andersen, T.E. & Andersen, L.B. (2018). Strength training as superior, dose-dependent and safe prevention of acute and overuse sports injuries: a systematic review, qualitative analysis and metaanalysis. *British Journal of Sports Medicine*, 0, 1-8.
- Lee, J.W.Y., Molk, K.M, Chan, H.C.K., Yung, P.S.H: & Chan, K.M. (2018). Eccentric hamstring strength deficit and poor hamstring-to-quadriceps ratio are risk factors

- for hamstring strain injury in football: A prospective study of 146 professional players. *Journal of Science and Medicine in Sport*, 2(1), 34-39.
- Linares García, S. (2014). Epidemiological study of the most common injuries in U16 and U 18 football schools. *International Journal of Sport Sciences*, 4(1),46-55.
- Longo, U.M., Loppini, M., Cavagnino, R., Maffulli, N. & Denaro, V. (2012). Musculoskeletal problems in soccer players: current concepts. *Clinical Cases In Mineral and Bone Metabolism*, 9(2), 107-111.
- López, C.E., Lorenzo, A., Jiménez, S. (2012). Prevención de las lesiones de los músculos isquiosurales en el fútbol profesional. *KRONOS*, 11(2), 25-36.
- Lovell, R. & Siegler, J. (2014). Hamstring Injury Prevention In Soccer: Before Or After Training? *Medicine & Science in Sports & Exercise*, 46(1), 922-923.
- Malliaropoulos, N., Mendiguchia, J., Pehlivanidis, H., Papadopoulou, S., Valle, X. Malliaras, P. & Maffulli, N. (2012). Hamstring exercises for track and field athletes: Injury and exercise biomechanics, and possible implications for exercise selection and primary prevention. *British Journal of Sports Medicine*, 10(11), 20-26.
- Martín, M., Santos, D. & Bermúdez, G. (2013). Flexibilidad de isquiosurales en futbolistas: un estudio realizado en divisiones formativas del fútbol uruguayo. *Revista Universitarias de la Educación y el deporte*, 6(6), 55-61.
- McCall, A. Dupont, G. & Ekstrand, J. (2016). Injury prevention strategies, coach compliance and player adherence of 33 of the UEFA Elite Club Injury Study teams: a survey of teams' head medical officers. *British Journal of Sports Medicine*, 50(1), 725-730.
- Melegati, G., Tornese, D., Gevi, M, Trabattoni, A., Pozzi, G., Schonhuber, H. & Volpi, P. (2013). Reducing muscle injuries and reinjuries in one italian professional male soccer team. *Muscles, Ligaments and Tendons Journal*, 3(4), 324-330.
- Moreno, V., Barbado, D. Juan, C., Quesada, C.M. & Vera, F.J. (2013). Aplicación de la dinamometría isocinética para establecer perfiles de riesgo de lesión isquiosural

- en futbolistas profesionales. *Revista Internacional de Ciencias del Deporte*, 34(9).
- Opar, D.A., Williams, M.D. & Shield A.J. (2012). Hamstring strain injuries: factors that lead to injury and re-injury. *Journal of Sports Medicine*, 42(3):209–26.
- Oriol, J., Leyton, M., Pascual, M. & Batista, M. (2018). Análisis del golpeo y la preparación psicológica para retornar a la práctica en futbolistas tras una lesión isquiosural. *Resvista de Educación, Motricidad e investigación*, 10(1), 11-32.
- Samuel, K., Chu, M.D., Monica, E., & Rho, M.D. (2016) Hamstring Injuries in the Athlete: Diagnosis, Treatment, and Return to Play. *American College of Sports Medicine*, 15(3), 184-190.
- Shankar, P.R., Fields, S.K., Collins, C.L., Dick, R.W. & Comstock RD.(2007). Epidemiology of high school and collegiate football injuries in the United States, 2005-2006. *American Journal of Sports Medicine*, 35, 1295-30.
- Shield, A.J. & Bourne, M.N. (2018). Hamstring Injury Prevention Practices in Elite Sport: Evidence for Eccentric Strength vs. Lumbo-Pelvic Training. *Journal of Sports Medicine*, 48(3), 513-524.
- Shield, A.J. & Murphy, S. (2018). Preventing hamstring injuries - Part 1: Is there really an eccentric action of the hamstrings in high speed running and does it matter? *Sport Performance & Science Reports*, 25(1), 1-5.
- Small, K., McNaughton, L., Greig, M. & Lovell, R. (2009). Effect of timing of eccentric hamstring strengthening exercises during soccer training: implications for muscle fatigability. *Journal of Strength and Conditioning Research*, 23(4), 1077-1083.
- Suchomel, T.J., Henry, M. & Niphuis, S. (2016). The importance of Muscular Strength in Athletic Performance. *Journal of Sports Medicine*, 46(10), 20-52.
- Toohy, L.A., Drew, M.K., Cook, J.L., Finch, C.F. & Gaida, J.E. (2017). Is subsequent lower limb injury associated with previous injury? A systematic review and metaanalysis. *British Journal of Sports Medicine*, 9(1), (1-10).



- Vaquero-Cristóbal, R., Muyor J.M., Alacid, F. & López-Miñarro, P.A. (2013). Efecto de un programa de estiramiento isquiosural en futbolistas. *Revista Española de Enfermedades Digestivas*, 403, 25-32.
- Verrall, G.M., Slavotinek, J.P., & Barnes, P.G. (2005). The effect of sports specific training on reducing the incidence of hamstring injuries in professional Australian Rules football players. *British Journal of Sport Medicine*, 39, 363-368.
- Wong, P. & Hong, Y. (2005). Soccer injury in the lower extremities. *British journal of sports medicine*, 39(8),473-482.
- Yamada. K.F., Arliani, G.G., Almeida, G.P.L., Venturine, A.M., Dos santos, C.V., Astur, D.C. & Cohen M. (2012). The effects of one-half of a soccer match on the postural stability and functional capacity of the lower limbs in Young soccer players. *Clinics*, 67(12), 1361-1364.

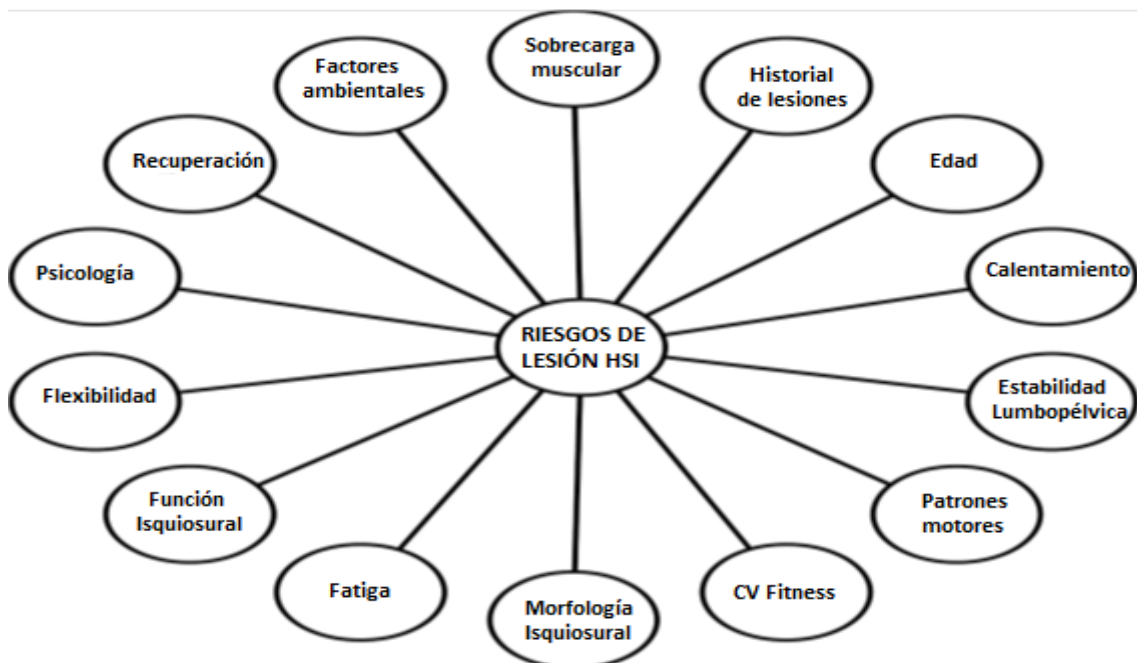
## 10. ANEXOS

ANEXO 1: El grupo muscular isquiosural está formado por los músculos semimembranoso, semitendinoso y la cabeza larga del bíceps femoral.



Fuente: Obtenido de Kellis, (2018).

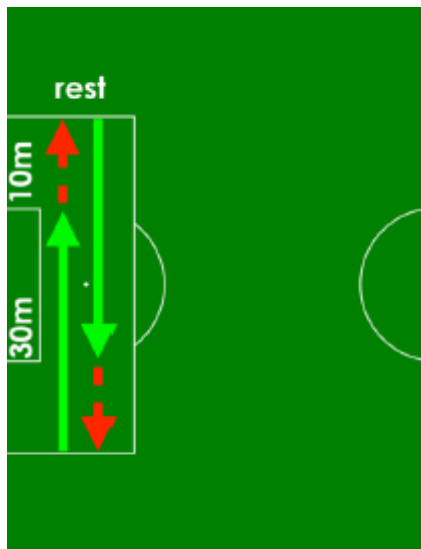
ANEXO 2: Diagrama detallado con los factores de riesgo de la HSI sugeridas en la literatura para ser susceptible a las medidas de prevención de lesiones.



Fuente: Diagrama obtenido de Buckthorpe et al., (2018).

ANEXO 3: Ejercicio realizado por el Leicester City Football Club orientado a la realización de sprint puro como medida de prevención de la HSI.

### Running drill



Fuente: Imagen obtenida de Shield y Murphy, (2018).

ANEXO 4: Ejercicios para la prevención de la HSI.

Fuente: Elaboración propia.

### Single leg deadlifts.



**Slide leg curl.**



**Sprinter eccentric leg curl.**



## Curl Nórdico.



## Loaded lunge drops.



**Barbell leg curl.**



**Peso muerto rumano.**



**Superman arrodillado**



## Máquina yoyo leg curl

