

PREVENCIÓN DE LESIONES MUSCULARES EN FUTBOLISTAS A TRAVÉS DE PROGRAMAS DE EJERCICIOS EXCÉNTRICOS Y PLIOMÉTRICOS

CAFYD + FISIOTERAPIA

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



Realizado por: Xabier Zubizarreta Barroso

Nº Expediente:

Grupo TFG: MIX61

Año Académico: 2021-2022

Tutor/a: Susana Moral González

Área: Revisión bibliográfica

Resumen. La incidencia de lesiones musculares en el fútbol es muy elevada y es por eso por lo que la prevención de las mismas se ha convertido en un objetivo fundamental para los equipos de fútbol. El objetivo principal de esta revisión ha sido analizar si la aplicación de programas de ejercicios excéntricos y pliométricos es efectiva para la prevención de lesiones musculares en futbolistas. Se realizó una búsqueda de artículos científicos relacionados con la prevención de lesiones musculares en futbolistas a través de dichos programas para conocer la influencia de los mismos sobre la fuerza muscular, rendimiento del sprint, actividad neuromuscular, arquitectura muscular, composición corporal y estabilidad del Core. Los resultados obtenidos afirmaron mejoras moderadamente significativas en todas las variables analizadas, haciendo especial hincapié sobre la fuerza excéntrica de los músculos del MMII y en el rendimiento de sprint. Por lo tanto, la aplicación de dichos programas en futbolistas pueden producir efectos preventivos a nivel estructural y funcional en la musculatura, aunque todavía se necesita una mayor investigación científica al respecto.

Palabras clave: Lesiones musculares, futbolistas, programas de ejercicios excéntricos y pliométricos, isquiotibiales, fuerza muscular, rendimiento de sprint.

Abstract. The incidence of muscle injuries in soccer is very high and that is why their prevention has become a fundamental objective for football teams. The main objective of this review was to analyze whether the application of eccentric and plyometric exercise programs is effective for the prevention of muscle injuries in football players. A search for scientific articles related to the prevention of muscular injuries in football players through these programs was carried out to determine their influence on muscular strength, sprint performance, neuromuscular activity, muscular architecture, body composition and core stability. The results obtained showed moderately significant improvements in all the variables analyzed, with special emphasis on eccentric strength of the MMII muscles and sprint performance. Therefore, the application of such programs in football players may produce preventive effects at the structural and functional level in the musculature, although further scientific research is still needed.

Keywords: Muscle injuries, football players, eccentric and plyometric exercise programs, hamstring muscles, muscle strength, sprint performance.

ÍNDICE

1. INTRODUCCIÓN	5
2. OBJETIVOS	10
2.1. Objetivo General.....	10
2.2. Objetivos Específicos.....	10-11
3. METODOLOGÍA	11
3.1 Método.....	11
3.2 Estrategia de búsqueda.....	11-12
3.3 Criterios de selección.....	12
3.4 Diagrama de flujo.....	13
4. RESULTADOS	14
4.1 Cuadro Resumen.....	14
4.2 Resumen artículos empleados.....	21
5. DISCUSIÓN	34
6. FUTURAS LÍNEAS DE INVESTIGACIÓN	43
7. CONCLUSIONES	44
8. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS	47
9. ANEXOS	50
9.1 Declaración de originalidad.....	50

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1. <i>Cuadro resumen de los artículos revisados</i>	14
Tabla 2. <i>Ejercicios de la 2ª parte del programa de calentamiento FIFA 11+</i>	21
Tabla 3. <i>Programa progresivo de ejercicios CA</i>	23
Tabla 4. <i>Programa progresivo de ejercicios NHE seguido por el grupo intervención</i>	26
Tabla 5. <i>Periodización progresiva del programa NHE y de las planchas frontales y laterales</i>	28
Tabla 6. <i>Programa progresivo de saltos (BEP)</i>	31
Tabla 7. <i>Periodización del programa NHE</i>	33

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1. <i>Futbolista realizando el ejercicio NHE</i>	8
Figura 2. <i>Representación visual del ejercicio CA</i>	9
Figura 3. <i>Diagrama de flujo</i>	13
Figura 4. <i>Representación esquemática del diseño experimental realizado antes y después del SAFT60</i>	24
Figura 5. <i>Ejercicios del programa de prevención de lesiones (IPP)</i>	29

ÍNDICE DE ACRÓNIMOS

1. Acciones voluntarias máximas (MVA).
2. Bíceps femoral (BF).
3. Capacidad de fuerza excéntrica máxima de los isquiotibiales (ECC-CAPHS).
4. Contracción Voluntaria Máxima (MVC).
5. Días previos al partido (MD+4 y MD+5).

6. Ejercicios excéntricos de cadera “Copenhagen Adduction” (CA).
7. Ejercicios Nórdicos (NHE).
8. Ejercicios Nórdicos antes del entrenamiento estandarizado SAFT60 (NHE BT).
9. Ejercicios Nórdicos después del entrenamiento estandarizado SAFT60 (NHE AT).
10. Electromiografía (EMG).
11. Ensayo controlado aleatorizado (ECA).
12. Fuerza excéntrica abductora de cadera (EHAB).
13. Fuerza excéntrica aductora de cadera (EHAD).
14. Fuerza excéntrica máxima de los isquiotibiales (ECC-PHS).
15. Glúteo Mayor (GM).
16. Grupo intervención con el programa NHE antes del entrenamiento (NHEBEF).
17. Grupo intervención con el programa NHE después del entrenamiento (NHEAFT).
18. Isquiotibiales mediales; semimembranoso y semitendinoso (MH).
19. IPP 1 día después del partido (MD+1).
20. IPP 3 días después del partido (MD+3).
21. Liga Australiana de Fútbol (AFL).
22. Media sentadilla (HS)
23. Mejor tiempo de Sprint de 10 m (10mST)
24. Miembro inferior (MMII).
25. Peso corporal (BM).
26. Programa de ejercicios de saltos (BEP).
27. Programa de prevención de lesiones (IPP)
28. Semitendinoso (ST).
29. Star Excursion Balance Test (SEBT).
30. Test de sedestación inestable (TSI)
31. Tiempo de estabilización (TTS).
32. Tiempo del último sprint (L10mST).
33. Tiempo Total de Sprint (TST).
34. Tomografía por emisión de positrones (PET/TC).

1. INTRODUCCIÓN

El fútbol es un deporte complejo de cooperación-oposición con un patrón interválico y acíclico, en el que los futbolistas realizan esfuerzos intermitentes de máxima intensidad (cambios de ritmo, repetidas aceleraciones y deceleraciones, saltos, etc.) superpuestos sobre una base de ejercicios de baja o moderada intensidad que equivalen al 70% de las acciones realizadas durante el partido por parte de los futbolistas (Bangsbo et al., 2006).

Durante estos últimos años, las demandas físicas, junto con las horas de exposición durante la temporada, han aumentado considerablemente en el fútbol profesional. La distancia media recorrida a una intensidad baja o moderada durante los partidos de fútbol profesional es de 10.199 +/- 875 metros por jugador, independientemente de sus posiciones (Rey et al., 2011). Así mismo, los equipos de alto nivel realizan un mayor número de esprines que los equipos amateur (8.41 ± 1.04 vs. 7.86 ± 0.82 ; respectivamente) (Longo et al., 2021). Por lo tanto, las demandas físicas difieren según la posición y el nivel competitivo de los futbolistas y por consiguiente, la probabilidad de sufrir cualquier tipo de lesión durante los partidos (Rago et al., 2017).

La gran incidencia lesional en el fútbol es objeto de estudio en la actualidad debido a las cuantiosas pérdidas económicas y deportivas que genera en los clubes de las grandes ligas profesionales, así como en los equipos amateur (Noya et al., 2014). La incidencia lesional puede oscilar entre 5,64 lesiones (Noya et al., 2014) y 8,94 lesiones (Noya & Sillero, 2012) por cada 1000 horas de exposición a lo largo de una temporada; siendo la pretemporada y la 'Fase Competitiva II' los periodos de la temporada donde más lesiones se producen por cada 1000 horas de exposición.

La mayoría de las lesiones en el fútbol, entre el 83% (Hammes et al., 2015; Ekstrand & Gillquist, 1983) y 89,9% (Noya & Sillero, 2012) se localizan a nivel del miembro inferior. Las lesiones más prevalentes son de carácter muscular, siendo las roturas musculares el tipo de lesión muscular que más días de baja (267,2 días de baja por equipo y temporada) ocasionan en el fútbol (Noya & Sillero, 2012).

En cuanto a la localización, la musculatura isquiotibial (Noya & Sillero, 2012; Price et al., 2004), en concreto, la porción larga del bíceps femoral (BF) (de Hoyo et al., 2013), es la que mayor prevalencia de lesión (3,3 lesiones por equipo y temporada)

tiene en el fútbol (Noya & Sillero, 2012). En cambio, las lesiones a nivel del recto anterior del cuádriceps pueden ser las que más días de baja ocasionan por equipo a lo largo de la temporada (76,6 días de baja) (Noya & Sillero, 2012).

En el estudio realizado por Ekstrand et al. (2011) el 92% de las lesiones musculares registradas (n=2908) afectaron a los cuatro grupos musculares más importantes del miembro inferior; isquiotibiales (37%), aductores (23%), cuádriceps (19%) y el tríceps sural (13%). Teniendo estos datos en cuenta, definieron que cada jugador tiene una probabilidad media de sufrir 0,6 lesiones musculares por temporada. Y los equipos conformados por 25 jugadores, alrededor de unas 15 lesiones musculares por temporada.

La etiología de las lesiones musculares es multifactorial, por lo que es indispensable conocer y reconocer los factores de riesgo, así como los posibles mecanismos desencadenantes de dichas lesiones en el fútbol, para así poder realizar un plan de prevención adecuado, efectivo e individualizado para cada jugador (de Hoyo et al., 2013).

Los factores de riesgo se pueden clasificar en dos grupos; intrínsecos, propios del jugador; o extrínsecos, aquellos relacionados con el entorno (Belloch et al., 2010). La bibliografía actual refleja que la debilidad muscular durante la fase de contracción excéntrica de la musculatura isquiotibial (Ribeiro-Alvares et al., 2020), al igual que las recidivas de dicha musculatura (de Hoyo et al., 2013), son los factores de riesgo más prevalentes en futbolistas. Además, las recidivas musculares producen un 30% más de tiempo de baja competitiva en los jugadores de fútbol que aquellas lesiones que no son recurrentes (Ekstrand et al., 2011).

Por otro lado, encontramos otros factores de riesgo intrínsecos que pueden ir asociados a un mayor riesgo de lesión como son la inestabilidad del Core, la limitación de movimientos funcionales o multiarticulares y la longitud de los fascículos musculares. Por regla general, los futbolistas suelen presentar de 3 a 5 por pierna (Ribeiro-Alvares et al., 2020).

Los principales mecanismos de lesión muscular en el fútbol son traumáticos (15%) (Ekstrand & Gillquist, 1983), o por sobreuso o sin contacto (8%) (Price et al., 2004). Tanto las rupturas parciales como las distensiones a nivel de los isquiotibiales, se producen principalmente durante el sprint (39%) (van de Hoef et al., 2019) o al correr (19%) (Price et al., 2004). En concreto, en los momentos terminales de la fase de oscilación (Blandford, et al., 2018), donde los músculos isquiotibiales, en especial el BF, se contraen excéntricamente de manera sincronizada para decelerar la rodilla y cadera del jugador (Buchheit et al., 2016); seguido de saltar (10%) y durante los cambios de dirección (6%) (van de Hoef et al., 2019).

Por ello, Moya & Ruiz-Montero (2017) concluyeron que un programa de fortalecimiento y prevención de lesiones musculares en futbolistas debe estar compuesto por ejercicios cardiovasculares, fuerza funcional (trabajo excéntrico), estabilidad del CORE, equilibrio neuromuscular, pliometría y estiramientos estáticos o dinámicos según el momento de la sesión.

Hoy en día, existe una discusión científica a cerca de la eficacia de los programas de ejercicios excéntricos y pliométricos en el fútbol, sobre todo, aquellos que tratan sobre la prevención de lesiones musculares. Los datos indican la necesidad de mejorar la preparación física de los futbolistas, además de las estrategias preventivas y/o de fortalecimiento utilizadas en los clubes de las grandes Ligas Europeas (Medeiros et al., 2020), así como en el fútbol amateur (Impellizzeri et al., 2013; Lovell et al., 2016).

Por lo general, los programas de entrenamiento excéntrico y/o sobrecarga excéntrica están compuestos por una serie de ejercicios, en los que se produce un aumento de las demandas excéntricas neuromusculares de los músculos diana (Ishøi et al., 2016; Ishøi et al., 2018). La fuerza excéntrica máxima fue definida como “la capacidad máxima de contracción muscular ante una resistencia que se desplaza en sentido opuesto al deseado por el sujeto” (Badillo & Gorostiaga, 2002, p. 53). Un claro ejemplo es el ejercicio nórdico (NHE) (Figura 1), uno de los ejercicios excéntricos más utilizados para la prevención de distensiones de la musculatura isquiotibial en futbolistas amateur (Lovell et al., 2018a; Blandford et al., 2018).

Figura 1

Futbolista realizando el ejercicio NHE.



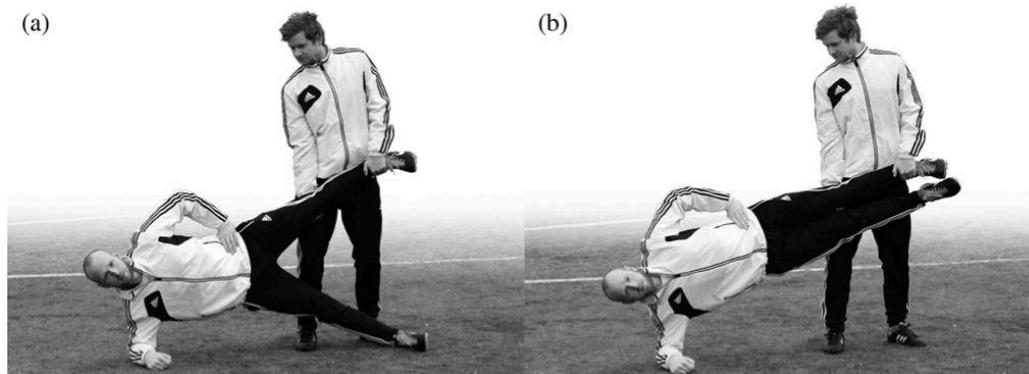
Nota. Tomado de *Effect of Weekly Training Frequency With the Nordic Hamstring Exercise on Muscle-Strain Risk Factors in Football Players: A Randomized Trial*, (p. 1028) por Medeiros et al., 2020.

Debido a la capacidad preventiva de los ejercicios NHE, muchos estudios han investigado los efectos de estos ejercicios sobre la función y estructura en los isquiotibiales en relación a la fuerza excéntrica (Buchheit et al., 2016; Lovell et al., 2016; Ishøi et al., 2018; Lovell et al., 2018a; Medeiros et al., 2020), la actividad neuromuscular (Lovell et al., 2016; Blandford et al., 2018; Medeiros et al., 2020), los cambios en la arquitectura muscular (Lovell et al., 2018a; Medeiros et al., 2020) y el rendimiento en el sprint (Lovell et al., 2016; Ishøi et al., 2018); al igual que el momento de aplicación, antes o después de los entrenamientos, (Lovell et al., 2016; Lovell et al., 2018a) y la frecuencia (Medeiros et al., 2020) en el fútbol amateur y, en menor medida, en el fútbol profesional.

En cambio, existen otros programas excéntricos que pueden ser beneficiosos para la prevención de lesiones musculares en el fútbol, como son los ejercicios excéntricos “Copenhagen Adduction (CA)” (Figura 2) (Ishøi et al., 2016), o bien, aquellos que utilizan programas de ejercicios con sobrecarga excéntrica (Suarez-Arrones et al., 2018) y ejercicios de carácter excéntrico para la mejora de la fuerza y rendimiento deportivo de los futbolistas (Lovell et al., 2018b).

Figura 2

Representación visual del ejercicio CA.



Nota. (a) La posición de inicio y la final. (b) La posición intermedia. Tomado de *Large eccentric strength increase using the Copenhagen Adduction exercise in football; A randomized controlled trial* (p. 1336), por Ishøi et al., 2016.

Del mismo modo, los programas de entrenamiento pliométricos han sido implementados como parte del calentamiento en deportes explosivos e intermitentes como el fútbol, con el fin de ser un medio de prevención de lesiones musculares (Impellizzeri et al., 2013; Oshima et al., 2020). La pliometría, “consiste en activar un músculo primero mediante una fase excéntrica para pasar enseguida a la fase concéntrica que sigue de forma natural” (Cometti, 1998, p.23), o el también denominado ciclo de estiramiento-acortamiento (CEA). Proporciona dos ventajas fundamentales; el aumento del rendimiento mecánico en acciones cortas que requieran grandes producciones de fuerza, así como el desarrollo de la fuerza máxima, explosiva e inicial y la capacidad reactiva del sistema neuromuscular de los deportistas (Verkhoshansky, 2006).

Encontramos programas de calentamiento, como el FIFA 11+ (2ª parte) (Impellizzeri et al., 2013; Oshima et al., 2020) o el “Bounding Exercise Program (BEP)” (van de Hoef et al., 2019), que han sido unos de los programas de ejercicios pliométricos más estudiados por la literatura científica en la actualidad como medio de prevención de lesiones musculares en futbolistas amateur.

Por tanto, el objetivo principal de esta revisión bibliográfica será estudiar la eficacia de los programas de ejercicios excéntricos y pliométricos, previamente nombrados, en la prevención de lesiones musculares en futbolistas; además de conocer los efectos preventivos que producen dichos programas sobre la función y estructura de los músculos del MMII en futbolistas.

2. OBJETIVOS

2.1 Objetivos Generales

El presente trabajo de revisión parte de dos objetivos generales:

1. Analizar si los programas de ejercicios excéntricos y pliométricos son eficaces para la prevención de lesiones musculares en futbolistas.
2. Estudiar los efectos que producen dichos programas sobre la función y estructura de la musculatura en futbolistas.

2.2 Objetivos Específicos

Estos objetivos generales se complementan con otros objetivos de carácter específico que guían el trabajo de investigación y facilitan la obtención de datos y la posterior elaboración de conclusiones:

1. Comprobar si la aplicación de programas de ejercicios excéntricos y pliométricos producen mejoras sobre la fuerza muscular del MMII en futbolistas.
2. Analizar si la aplicación de programas de ejercicios excéntricos y pliométricos producen mejoras sobre el rendimiento del sprint en futbolistas.
3. Conocer si la aplicación de programas de ejercicios NHE en futbolistas, produce cambios en la actividad neuromuscular de la musculatura isquiotibial, así como en la arquitectura muscular del BF.
4. Examinar si la aplicación del programa de calentamiento FIFA 11+ produce mejoras en la estabilidad dinámica y del Core en futbolistas amateur.

5. Revisar si la aplicación de programas de entrenamiento excéntricos y/o sobrecarga excéntrica produce mejoras en la composición corporal de los futbolistas.
6. Estudiar el momento de aplicación del programa de ejercicios NHE.

Una vez establecidos los objetivos, podemos señalar como hipótesis que la aplicación de programas de ejercicios excéntricos y pliométricos es eficaz para la prevención de lesiones musculares en futbolistas y puede producir cambios beneficiosos en la función y estructura muscular, lo cual posibilitaría la mejora del rendimiento deportivo de los mismos.

3. METODOLOGÍA

3.1 Diseño

El presente trabajo académico se ha centrado en analizar y revisar diferentes estudios, artículos y revistas científicas relacionadas con la eficacia preventiva de los programas de ejercicios excéntricos y pliométricos sobre las lesiones musculares en futbolistas. En relación a la bibliografía disponible, se han analizado diferentes variables que son las siguientes:

- 1- Fuerza Muscular del MMII.
- 2- Rendimiento del sprint.
- 3- Actividad neuromuscular y arquitectura muscular.
- 4- Estabilidad dinámica y del Core.
- 5- Composición corporal.
- 6- Momento de aplicación de los NHE.

3.2 Estrategias de búsqueda

En primer lugar, se realizó una búsqueda en la biblioteca de la Universidad Europea de Madrid mediante las bases de datos MEDLINE Complete, SPORTDiscuss Full Text, E-Journals y Rehabilitation & Sports Medicine.

Después, la búsqueda se centró en los artículos publicados en los últimos diez años y, para sintetizar más aún la revisión, se seleccionó el colectivo al que va dirigido (todos los adultos mayores de 19 años) y el idioma de las publicaciones (inglés).

La información se consiguió incluyendo las siguientes palabras clave: ‘muscle injury prevention’, ‘football players’, ‘eccentric training, exercise, loading’ y ‘plyometric training, exercise, loading’, utilizando los conectores ‘AND’ y ‘OR’ para obtener la siguiente ecuación de búsqueda: “(muscle injury prevention) AND (‘football players’) AND (‘eccentric exercise OR training OR loading, plyometric exercise OR training OR loading’)”.

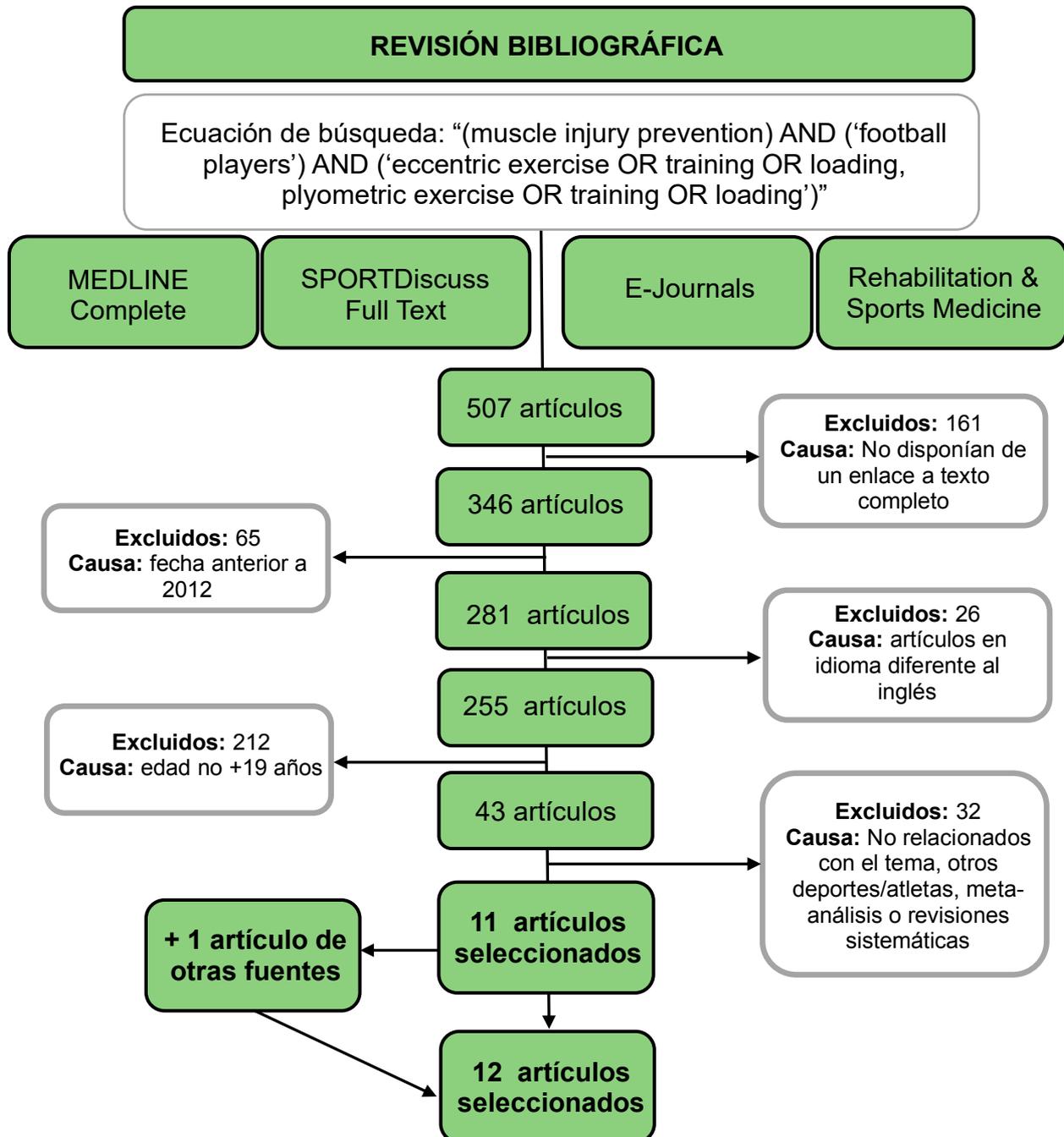
3.3 Criterios de selección

- Artículos y/o revistas científicas.
- Años de publicación: entre 2012 – 2021
- Idioma del artículo: inglés
- Población: adultos de más de 19 años.
- Las fuentes contrastadas debían hacer referencia a los programas de ejercicios excéntricos y pliométricos, y su relación con la prevención de lesiones musculares en futbolistas.
- Los estudios debían hacer referencia a las variables previamente nombradas.

3.4 Diagrama de flujo

Figura 3

Diagrama de flujo.



Nota. Elaboración propia.

4. RESULTADOS

4.1 Cuadro Resumen

Tabla 1

Cuadro resumen de los artículos revisados.

Autor/Año	Título	Objetivo	Población/Variables	Resultados
Impellizzeri et al. (2013)	Physiological and performance responses to the FIFA 11+ (part 2): a randomised controlled trial on the training effects.	Examinar la eficacia preventiva del programa de entrenamiento FIFA 11+ (2ª parte), al implementarlo como parte del calentamiento en futbolistas amateur.	<p>Población: 81 jugadores amateur separados en dos grupos:</p> <p>Grupo intervención ("FIFA 11+", n=42) → 3 veces/semana durante 9 semanas (Tabla 2).</p> <p>Grupo Control (CON (n=39) → Calentamiento habitual.</p> <p>Variables:</p> <ul style="list-style-type: none"> - Control neuromuscular (Tiempo de estabilización (TTS), Star Excursion Balance Test (SEBT). - Estabilidad del Core (Test de sedestación inestable (TSI)). - Fuerza excéntrica y concéntrica de flexores de rodilla (Test isocinético, dinamómetro isocinético (60°/s)). - Rendimiento del sprint (Test de Sprint (20 m). 	<p>El TTS y la estabilidad del Core ($P=0,096$) solo mejoró en el grupo FIFA 11+.</p> <p>La fuerza excéntrica (3,8%, 1.4 a 6,2%) y concéntrica (3,2%, 0.6 a 5.9%) de los músculos flexores de rodilla a 60°/s, mejoró en el grupo intervención "FIFA 11+".</p> <p>Se observaron cambios pre-post significativos a favor del FIFA11+ en el rendimiento del sprint ($P=0.042$).</p>
Buchheit et al. (2016)	The Effect of Body Mass on Eccentric Knee-Flexor Strength Assessed With	Examinar la relación entre la masa corporal (BM) de los futbolistas y la capacidad de producción de fuerza	Población: 81 jugadores; (U17, n= 21) , (U19, n= 20, (U21, n= 10), (4ª División Francesa, n=16) y (profesionales, n=14) y 41 jugadores profesionales de la Liga Australiana de Fútbol (AFL).	Los futbolistas más pesados y de mayor edad (profesionales, 4ª División Francesa y AFL) obtuvieron valores de fuerza excéntrica más altos que los

	an Instrumental Nordic Hamstring Device (Norbord) in Football Players	flexora excéntrica de rodilla en los NHE.	Todos realizaron 1 serie de 3 repeticiones bilaterales máximas del NHE. Variables: - Pico de fuerza excéntrica de los músculos flexores de rodilla (Norbord) - Peso corporal (BM).	futbolistas más ligeros y de menos edad (U17- U21). Los futbolistas profesionales obtuvieron los valores de fuerza excéntrica más altos.
Ishøi et al. (2016)	Large eccentric strength increase using the Copenhagen Adduction exercise in football; A randomized controlled trial	Examinar la eficacia y transferencia del programa de ejercicios de Aducción de Copenhague (CA) en la ganancia de fuerza abductora (EHAB) y aductora (EHAD) excéntrica de cadera en futbolistas jóvenes de alto nivel.	Población: 20 jugadores sub-19 de la 2ª División Danesa separados de manera aleatoria en dos grupos: Grupo intervención (Club A, n=10) → (Tabla 3) + entrenamiento habitual. Grupo control (Club B, n=10) → entrenamiento habitual. Variables: - Fuerza excéntrica aductora (EHAD) y abductora (EHAB) de cadera (dinamómetro manual).	La EHAD aumentó en un 35,7%, y la EHAB en un 20,3% en el Club A. Hubo un aumento del 12,3% en el ratio de acción EHAD/EHAB. En el Club B no se encontraron diferencias significativas en dichas variables.
Lovell et al. (2016)	Acute neuromuscular and performance responses to Nordic hamstring exercises completed before or after football training.	Analizar las respuestas neuromusculares y de rendimiento que provoca el programa NHE en futbolistas, al aplicarlo antes (BT) o después (AT) de un entrenamiento.	Población: 12 futbolistas amateur (18-35 años) Realizaron 2 visitas a un laboratorio separadas por una semana, en las que realizaron el programa NHE (6 series x 5 repeticiones) antes o después de un protocolo de ejercicios estandarizados específicos de fútbol (Figura 4). Variables: - Pico máximo de fuerza excéntrica de los músculos isquiotibiales. - Rendimiento del sprint. - Actividad neuromuscular BF y MH (semitendinoso y semimembranoso) durante	La realización de NHE BT produce una disminución del pico excéntrico de los isquiotibiales (-14,1 a -18,9%), o lo que es lo mismo, un aumento de la fatiga excéntrica muscular del 19,8% respecto a realizarlo AT. La fatiga muscular de los isquiotibiales fue un 39,6% mayor al realizarlo BT frente a AT en los últimos rangos de flexión de rodilla (0°-15°).

			acciones voluntarias máximas (MVA) (mediante EMG).	Disminución evidente de la actividad EMG durante las MVA tanto en el BF como en los MH a lo largo del todo el movimiento, particularmente en el rango 15°-0°, cuando el programa NHE se aplicó antes del entrenamiento. Realizar el NHE BT atenuaba el descenso del rendimiento de sprint en un 2,0-3,2%, frente a realizarlo AT.
Blandford et al. (2018)	Is neuromuscular inhibition detectable in elite footballers during the Nordic hamstring exercise?	<p>Evaluar la activación del BF durante el ejercicio NHE en futbolistas de élite de categoría juvenil con lesiones previas de isquiotibiales.</p> <p>Identificar patrones de activación compensatorios del BF y sus sinergistas.</p>	<p>Población: 20 jugadores juveniles de alto nivel fueron separados en dos grupos:</p> <p>Grupo intervención (n=10 con lesiones previas en isquiotibiales)</p> <p>Grupo control (n= 10 sin lesiones previas).</p> <p>Ambos grupos realizaron 6 repeticiones de NHE, a una velocidad de repetición de 6 segundos, con descansos mínimos entre repeticiones.</p> <p>Variables:</p> <ul style="list-style-type: none"> - Actividad neuromuscular (medido mediante electromiografía (EMG)) del BF, glúteo mayor (GM) y semitendinoso (ST) a 90°-30° y 30°-0° de flexión de rodilla. 	<p>El grupo intervención presentó relaciones de activación muscular mayores a 30°-0° de flexión de rodilla que el grupo control; BF/SM ($P = 0,001$) y BF/GM ($P = 0,023$).</p> <p>La activación del BF fue mayor en las angulaciones 90°-30° que en las de 30°-0° ($P < 0,001$), pero no difirió entre grupos.</p>
Ishøi et al. (2018)	Effects of the Nordic Hamstring exercise on sprint capacity in male football players: a	Investigar la eficacia preventiva del programa NHE a nivel de la musculatura isquiotibial, así como su transferencia en el	<p>Población: 25 futbolistas amateur (17-35 años) de la 4ª División Danesa fueron separados en 2 grupos:</p> <p>Grupo intervención (GI, n=11) → (Tabla 4)</p> <p>Grupo control (GC, n=14) → Plan de entrenamiento habitual.</p>	El GI mostró mejoras pre-post significativas en las variables de rendimiento de sprint: TST (1,8%), 10mST (2,6%), y L10mST (3,2%), ($p < 0,05$) respectivamente.

	randomized controlled trial	rendimiento del sprint en futbolistas amateur.	Variabes: <ul style="list-style-type: none"> - Rendimiento del sprint (Tiempo Total de Sprint (TST); mejor tiempo de Sprint de 10 m (10mST); tiempo del último sprint (L10mST). - Fuerza excéntrica máxima de los isquiotibiales (ECC-PHS) y la capacidad de fuerza excéntrica máxima de los isquiotibiales (ECC-CAPHS). 	El G1 obtuvo mejoras pre-post respecto al GC en la ECC-PHS (19,2%) y ECC-CAPHS (17,4%) ($p < 0,01$).
Lovell et al. (2018a)	Hamstring injury prevention in soccer: Before or after training?	Examinar las adaptaciones que pueden producirse al aplicar un programa de NHE durante 12 semanas antes (BEF) o después (AFT) de los entrenamientos en futbolistas amateur.	Población: 42 futbolistas amateur fueron separados de manera aleatoria en tres grupos: Dos grupos experimentales; (NHEBEF, n=14), (NHEAFT, n=16) → Ejercicios NHE (Tabla 5). Grupo control (CON, n=12) → Ejercicios de Core (Tabla 5). Variabes: <ul style="list-style-type: none"> - Fuerza excéntrica - Actividad muscular (EMG) - Cambios en la arquitectura muscular (grosor y longitud del BF). 	Aumento del pico de fuerza excéntrica: NHEBEF (+11,9%) y NHEAFT (+11,6%) vs CON. La actividad neuromuscular del BF fue moderadamente mayor en ambos grupos intervención que en el CON. El grosor del BF: NHEAFT. (+0,17 cm; 0,05-0,29 cm) vs NHEBEF y CON. La longitud del BF: NHEBEF (+1,58 cm; 0,48-2,68 cm) vs NHEAFT y CON.
Lovell et al. (2018b)	Scheduling of eccentric lower limb injury prevention exercises during the soccer micro-cycle: Which day of the week?	Examinar el impacto agudo que ocasiona la aplicación de un programa de prevención de lesiones (IPP) excéntrico para miembros inferiores durante los diferentes días de un microciclo en futbolistas.	Población: 18 jugadores semiprofesionales de la 3ª y 4ª división de la AFL fueron separados en 3 grupos (n=6), los cuales realizaron 3 intervenciones experimentales cruzadas durante 3 microciclos de 6 días con el protocolo IPP (Figura 5): -1ª intervención: IPP 1 día después del partido (MD+1). -2ª intervención: IPP 3 días después del partido	La administración del IPP MD+3 aumentó los niveles de daño (CK) en los días MD+4 (MD+3: 260%; CON: 146%; MD+1: 151%); y MD+5: (MD+3: 209%; CON: 125%; MD+1: 127%), además del dolor muscular percibido en los isquiotibiales respecto a las intervenciones MD+1 y CON.

			<p>(MD+3).</p> <p>-3ª intervención: Control (CON).</p> <p>Variables:</p> <ul style="list-style-type: none"> - Daño muscular (Creatin Kinasa (CK)) - Dolor muscular en isquiotibiales y cuádriceps. 	
Suarez-Arrones et al. (2018)	In-season eccentric-overload training in elite soccer players: Effects on body composition, strength and sprint performance	Analizar los efectos que produce la aplicación de 2 entrenamientos inerciales con carga excéntrica en la composición corporal, fuerza y capacidad de sprint en jugadores de fútbol profesional a lo largo de una temporada competitiva.	<p>Población: 14 jóvenes futbolistas profesionales de un club de la Serie A.</p> <p>El programa de ejercicios con sobrecarga excéntrica lo realizaron 2 veces por semana (Día 2: MMII) a la vez que los entrenamientos habituales.</p> <p>El programa se dividía en 3 fases:</p> <ol style="list-style-type: none"> 1- Fase de Familiarización (3 semanas). 2- Fase Progresión 1 (1 serie por ejercicio, 5 semanas). 3- Fase Progresión 2 (2 series por ejercicio, 19 semanas). <p>Variables:</p> <ul style="list-style-type: none"> - Composición corporal (Absorción de rayos X de doble energía (DXA)). - Fuerza y potencia muscular MMII (Test de media sentadilla (HS) con 30 y 40 kg., SmartCoach Power Encoder SPE). - Rendimiento del sprint (Test de sprint de 10, 30 y 40 metros). 	<p>Disminución significativa de la masa grasa corporal (- 6,3 ± 3,6%, ES = -0,99 ± 0,54).</p> <p>La masa muscular aumentó ((2,5 ± 0,8%, ES = 0,25 ± 0,09) con algunas diferencias regionales.</p> <p>La fuerza y potencia muscular aumentó de manera significativa en la HS (del 3% al 14%, ES de 0,45 a 1,73).</p> <p>Se produjo una mejora en el rendimiento del sprint ((del 1,1% al 1,8%, ES de -0,33 a -0,44).</p>
van de Hoef et al. (2019)	Does a bounding exercise program prevent hamstring injuries in adult	Determinar los efectos preventivos del Programa de Ejercicios de Salto (BEP) en la incidencia lesional y	<p>Población: 32 equipos (n= 400 jugadores de la primera división de fútbol amateur) fueron separados en 2 grupos:</p>	<p>Incidencia lesional fue menor en el grupo intervención (1,12 lesiones/1000 horas) que en el grupo control (1,39 lesiones/1000 horas.).</p>

	male soccer players? – A cluster-RCT	severidad de los músculos isquiotibiales en futbolistas amateur.	<ul style="list-style-type: none"> - Grupo intervención (16 equipos (n= 229)) → (Tabla 6) + entrenamiento habitual durante 12 semanas - Grupo control (16 equipos (n= 171)) → Entrenamiento habitual durante 12 semanas. <p>Variables:</p> <ul style="list-style-type: none"> - Incidencia lesional de los isquiotibiales por cada 1000 horas de exposición. - La severidad de las lesiones. 	<p>La mayoría de las lesiones en ambos grupos fueron de carácter moderado (8-28 días de baja).</p> <p>La media de los días de baja fue mayor en el grupo intervención que en el grupo control (33,0 +- 42,7 vs 21,35+- 12,7 días de baja respectivamente).</p>
Oshima et al. (2020)	Comparison of muscle activity, strength, and balance, before and after a 6-month training using the FIFA 11+ program (part 2)	Evaluar los efectos preventivos que proporciona la realización de la segunda parte del protocolo FIFA 11+ en futbolistas, sobre la activación y fuerza muscular de la musculatura del Core y miembro inferior, así como en la estabilidad estática y dinámica.	<p>Población: 8 futbolistas universitarios realizaron la segunda parte del programa de calentamiento FIFA 11+ (Tabla 2) tres veces por semana durante 6 meses.</p> <p>Variables:</p> <ul style="list-style-type: none"> - Actividad muscular (Tomografía por emisión de positrones (PET/TC). - Fuerza isocinética de los músculos flexores y extensores de rodilla (Dinamómetro, Isokinetic Biodex System 4, en 60°/s). - Estabilidad dinámica (mediante SEBT). 	<p>El entrenamiento mejoró los niveles de actividad de las musculatura del Core (oblicuo externo del abdomen y erector espinal) y del miembro inferior (tibial anterior) ($p < 0.03$).</p> <p>Se corrigió la diferencia de activación del músculo semimembranoso entre miembros, y mejoró la estabilidad dinámica, con un mayor efecto sobre la pierna no dominante ($p < 0.02$) de los futbolistas, en las siguientes direcciones: medial, postero-medial y en la posterior.</p> <p>No se observaron efectos significativos del programa de entrenamiento FIFA 11+ sobre la fuerza de los músculos flexores de rodilla y abductores de cadera.</p> <p>La fuerza extensora de rodilla mejoró de 1.24 +- 0.15 Nm/kg a 1.39 +- 0.14 Nm/kg en el miembro inferior no dominante.</p>

<p>Medeiros et al. (2020)</p>	<p>Effect of Weekly Training Frequency With the Nordic Hamstring Exercise on Muscle-Strain Risk Factors in Football Players: A Randomized Trial</p>	<p>Examinar el efecto que supone la realización de los NHE una o dos veces por semana, en la fuerza excéntrica de los isquiotibiales y el riesgo de sufrir una distensión muscular en futbolistas de alto nivel.</p>	<p>Población: 32 jugadores de alto nivel (18-23 años) fueron separados en dos grupos experimentales:</p> <p>Grupo 1 (G1; NHE 1 vez/semana, n=15).</p> <p>Grupo 2 (G2; NHE 2 veces/semana, n=17) (Tabla 7).</p> <p>Variables:</p> <ul style="list-style-type: none"> - Pico de fuerza excéntrica y concéntrica de los músculos isquiotibiales (Dinamómetro isocinético). - Cambios arquitectónicos del músculo BF; grosor y longitud (mediante ultrasonografía). 	<p>El G2 mejoró el pico de fuerza concéntrica de los isquiotibiales que el G1 después del entrenamiento (155-164 frente a 149-158 N-m; $P=0,043$. ES = 0,27). Además, el G2 también mejoró el pico de fuerza excéntrica de los isquiotibiales en un 11% respecto al G1 (212-234 frente a 198-221 N-m; $P = 0.098$; ES = 0.37).</p> <p>El pico fuerza máximo concéntrico, y el excéntrico (11%) de los músculos isquiotibiales mejoraron en el G2.</p> <p>No se encontraron diferencias significativas entre grupos en el grosor del BF ($P = 0,864$; ES = 0,12), la longitud del fascículo ($P = 0,406$; ES = 0,03).</p>
-------------------------------	---	--	---	--

Nota. Elaboración propia.

4.2 Resumen de artículos empleados

Impellizzeri et al. (2013) realizaron un ensayo controlado y aleatorizado (ECA), paralelo, de dos grupos, con mediciones pre-post a 81 jugadores de fútbol amateur. El objetivo principal fue examinar la eficacia preventiva que proporciona el programa de calentamiento FIFA 11+ (2ª parte) (Tabla 2) al implementarlo como parte del calentamiento en el fútbol amateur. Los jugadores fueron separados en dos grupos: el grupo intervención (“FIFA 11+”, n= 42), que realizó dicho programa (Tabla 2) 3 veces por semana durante 9 semanas; y el grupo control (CON, n= 39), que siguió con el calentamiento habitual establecido por sus clubes.

Tabla 2

Ejercicios de la 2ª parte del programa de calentamiento FIFA 11+.

EJERCICIOS DEL PROGRAMA DE CALENTAMIENTO FIFA 11+ (2ª PARTE)
EJERCICIOS DE FUERZA
1. APOYO EN ANTEBRAZO ESTÁTICO
2. APOYO EN ANTEBRAZO LEVANTAR UNA PIERNA Y MANTENER EN EL AIRE
3. APOYO EN EL ANTEBRAZO LATERAL LEVANTAR Y BAJAR CADERA
4. APOYO EN EL ANTEBRAZO LATERAL LEVANTANDO UNA PIERNA
5. NHE ISQUIOTIBIALES (PRINCIPIANTE – INTERMEDIO – AVANZADO)*
EJERCICIOS DE EQUILIBRIO
6. EQUILIBRIO EN UNA SOLA PIERNA SOSTENIENDO EL BALÓN
7. EQUILIBRIO EN UNA SOLA PIERNA LANZANDO EL BALÓN
8. EQUILIBRIO EN UNA SOLA PIERNA Y DESEQUILIBRAR AL COMPAÑERO
EJERCICIOS PLIOMÉTRICOS
9. GENUFLEXIONES ESTIRÁNDOSE HASTA LA PUNTA DE LOS PIES
10. GENUFLEXIONES ZANCADAS
11. GENUFLEXIONES EN UNA PIERNA
12. SALTOS VERTICALES
13. SALTOS LATERALES
14. SALTOS ALTERNADOS

Nota. () Ejercicios NHE dentro la parte de fuerza del programa del calentamiento FIFA 11+. Tomado de Fédération Internationale de Football Association. 11+ Manual. Un programa completo de calentamiento para prevenir las lesiones en el fútbol. Elaboración propia.*

Los cambios pre-post más significativos que se obtuvieron entre grupos fueron la estabilidad del Core ($P = 0,096$) y el sprint ($P = 0,042$). En concreto, la estabilidad del Core empeoró ($P > 0,001$) después de las 9 semanas en el grupo CON, mientras que el "FIFA 11+" mantuvo su rendimiento ($P = 0,705$).

En líneas generales, todas las variables cambiaron en ambos grupos, con la exclusión del TTS y la contracción voluntaria máxima (MVC) concéntrica de los flexores de rodilla a $60^\circ/s$ que mejoraron solo en el grupo "FIFA 11+". Así mismo, la fuerza excéntrica (3,8%, 1.4 a 6,2%) y concéntrica (3,2%, 0.6 a 5.9%) de los músculos flexores de rodilla a $60^\circ/s$, mejoró en el grupo intervención "FIFA 11+" respecto al CON, aunque dichas mejoras fueron inciertas desde un punto de vista práctico.

En vista de ello, se concluyó que la aplicación de la segunda parte del programa de prevención FIFA 11+ (2ª parte) (Tabla 2) mejoraba el control neuromuscular, tales como los valores de fuerza de la musculatura flexora de rodilla en futbolistas amateur. Aún así, la aplicación de dicho programa no produjo un aumento significativo de la potencia muscular de los futbolistas en cuanto a las acciones (salto vertical, agilidad y sprint) que determinan el rendimiento deportivo en el fútbol.

Buchheit et al. (2016) examinaron la posible relación entre la masa corporal (BM) de los futbolistas y la capacidad de producción de fuerza flexora excéntrica de rodilla en los NHE mediante un dispositivo de medición Nordbord.

En el estudio se analizaron datos de 81 jugadores de fútbol (U17, $n = 21$; U19, $n = 20$; U21, $n = 10$; 2ª y 4ª División Francesa, $n = 16$; y profesionales, $n = 14$) y 41 jugadores de la AFL. Todos ellos realizaron 1 serie de 3 repeticiones bilaterales máximas del NHE.

Los resultados obtenidos demostraron una gran relación ($r = 55,90\%$) entre la capacidad de producir fuerza flexora excéntrica de rodilla y la BM de los futbolistas. Por lo general, los futbolistas más pesados y de mayor edad (profesionales, 4ª división francesa y AFL) obtuvieron valores de fuerza excéntrica más altos que los futbolistas más ligeros y jóvenes (U17-U21). De igual modo, los futbolistas

profesionales no solo obtuvieron los valores de fuerza excéntrica más altos, sino que también fueron los únicos que presentaron valores de fuerza superiores a los esperados para su BM.

Por lo tanto, la fuerza flexora excéntrica de rodilla durante la realización de los NHE depende en gran medida del BM, además del nivel técnico y de preparación física del futbolista.

Ishøi et al. (2016) realizaron un ECA, en el que examinaron la ganancia de EHAD y la EHAB en jóvenes futbolistas de alto nivel a partir de la aplicación del programa de ejercicios de CA durante la temporada.

Se analizaron los datos de 20 jugadores de dos equipos de fútbol sub-19 de la 2ª División Danesa, los cuales fueron separados de manera aleatoria en dos grupos; el grupo intervención (Club A (n=10); que realizó un programa de CA (Tabla 3) durante 8 semanas además de su entrenamiento habitual de fútbol; y el grupo control (Club B (n=10); que siguió con su entrenamiento habitual.

Tabla 3

Programa progresivo de ejercicios CA.

Week	Sessions/week	Sets/side	Repetitions/side
1	2	2	6
2			8
3			10
4		3	10
5 and 6			12
7 and 8			15

Nota. Tomado de *Large eccentric strength increase using the Copenhagen Adduction exercise in football; A randomized controlled trial* (p. 1336), por Ishøi et al., 2016.

El Club A demostró un aumento del 35,7% en la EHAD ($P < 0,001$) y un aumento del 20,3% en la EHAB ($P = 0,003$). En cuanto al Club B, no se encontraron diferencias significativas ($P > 0,335$) en dichas variables.

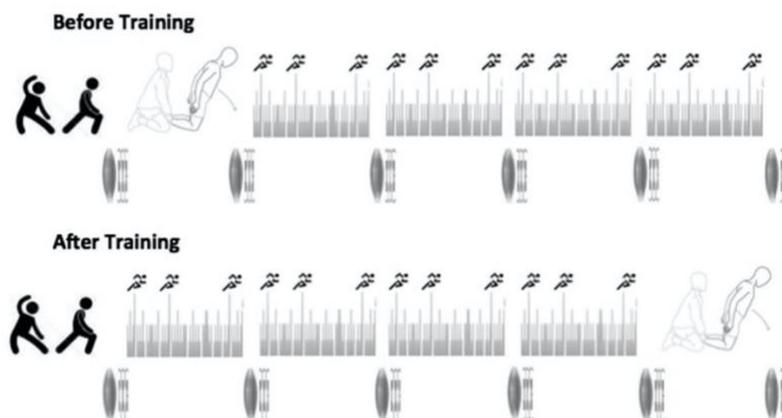
En conclusión, la aplicación durante la temporada de un programa de entrenamiento progresivo de 8 semanas del CA provocó un aumento significativo de la EHAD y la EHAB en futbolistas jóvenes de alto nivel.

Lovell et al. (2016) tuvieron como objetivo examinar las respuestas neuromusculares agudas y de rendimiento a un programa de NHE realizado antes (BT) o después (AT) de una sesión de entrenamiento estandarizado de fútbol (SAFT60).

En el estudio participaron 12 futbolistas amateur, los cuales realizaron 2 visitas a un laboratorio separadas por una semana. Realizaron 6 series de 5 repeticiones de los NHE (dejando un descanso de 6 s. entre repeticiones y 60 s. entre series), antes o después, de 60 minutos de un programa de ejercicio estandarizado específico de fútbol (Figura 4).

Figura 4

Representación esquemática del diseño experimental realizado antes y después del SAFT60.



Nota. El esquema del ejercicio nórdico de isquiotibiales (NHE) representa la programación de las seis series de cinco repeticiones de NHE en relación con la

sesión de entrenamiento simulada. Las imágenes de los músculos representan el tiempo de las acciones voluntarias máximas (MVA). Las barras verticales representan el perfil de actividad de un segmento SAFT60 de 15 minutos, con cada evaluación del rendimiento del sprint denotado por cada imagen de carrera. Tomado de *Acute neuromuscular and performance responses to Nordic hamstring exercises completed before or after football training* (p. 2288) por Lovell et al., 2016.

Los resultados del estudio reflejaron que la aplicación del programa NHE BT produjo una disminución del pico excéntrico de los isquiotibiales (-14,1% a -18,9%) durante el entrenamiento específico de fútbol SAFT60, o lo que viene siendo lo mismo, se produjo un aumento de la fatiga excéntrica de dicha musculatura del 19.8% respecto a realizarlo AT.

A su vez, se produjo una disminución evidente de la actividad EMG durante las MVA tanto en el BF como en los MH a lo largo del todo el movimiento, particularmente en el rango 15°-0°, cuando el programa NHE se aplicó antes del entrenamiento. La fatiga muscular de dicha musculatura fue un 39,6% mayor al realizarlo BT frente a AT en los últimos rangos de la flexión de rodilla (0-15°). Por otro lado, la realización del programa NHE BT atenuó la disminución en un 2,0-3,2% del rendimiento en el sprint frente a realizarlo AT.

Por ello, la aplicación de un programa de NHE BT produjo una disminución de la fuerza excéntrica máxima de los isquiotibiales y por consiguiente, un aumento del riesgo a sufrir una lesión a ese nivel.

Blandford et al. (2018) tuvieron como objetivos evaluar la activación del BF durante los NHE, al igual que identificar patrones de activación compensatorios del BF y sus sinergistas en jóvenes futbolistas de élite con un historial de lesiones previas a nivel de los isquiotibiales.

Realizaron un diseño de estudio transversal, en el que participaron 20 futbolistas jóvenes de élite, los cuales fueron separados en 2 grupos: el grupo intervención (n= 10 jugadores de élite con antecedentes de lesión en isquiotibiales); y el grupo control (n= 10 jugadores de élite sin antecedentes previos). Todos ellos, realizaron 6 repeticiones de los NHE, analizaron la activación neuromuscular, mediante EMG, de los músculos BF, ST y GM a 90°-30° y 30°-0° de flexión de rodilla de cada uno de ellos.

Los resultados demostraron que la activación del BF fue significativamente mayor a 90°-30° de flexión de la rodilla en comparación con 30°-0° ($P < 0,001$), pero no difirió entre los grupos. Por otro lado, las relaciones de activación muscular BF/ST ($P = 0,001$) y BF/GM ($P = 0,023$) fueron significativamente mayores a 30°-0° de flexión de la rodilla en el grupo intervención frente al grupo control.

En conclusión, no se detectó una inhibición neuromuscular del BF durante el NHE en futbolistas jóvenes de élite, sin embargo, las relaciones del BF y sus sinergistas parecen cambiar tras la lesión.

Ishoi et al. (2018) realizaron un ECA de forma paralela, en el que analizaron la eficacia preventiva del programa NHE sobre la musculatura isquiotibial, así como su transferencia en el rendimiento del sprint en jugadores de fútbol amateur.

En el estudio analizaron a 25 futbolistas amateur de la 4ª División Danesa, los cuales fueron divididos en dos grupos: el grupo intervención (GI, $n = 11$), que realizó el programa de ejercicios NHE durante 10 semanas (Tabla 4); y el grupo control (GC, $n = 14$) que siguió con su entrenamiento habitual.

Tabla 4

Programa progresivo de ejercicios NHE seguido por el grupo intervención.

Week	Sessions/week	Sets	Repetitions
1	1	2	5
2	2	2	6
3	3	3	6-8
4	3	3	8-10
5-10	3	3	12, 10, 8

Nota. Tomado de *Effects of the Nordic Hamstring exercise on sprint capacity in male football players: a randomized controlled trial* (p. 1665) por Ishøi et al., 2018.

Se pudo observar una mejora pre-post significativa en el GI respecto al grupo control en las variables de rendimiento de sprint; TST (1,8%), 10mST (2,6%) y L10mST (3,2 %) ($p < 0,05$). Al mismo tiempo, se pudieron observar mejoras pre-

post significativas del GI respecto al GC en la ECC-P HS (19,2%) y la ECC-CAP HS (17,4%) ($p < 0,01$).

Los datos obtenidos sugirieron que la realización del programa NHE (Tabla 4) durante la temporada podía ser útil para la prevención de lesiones a nivel de los isquiotibiales en futbolistas amateur. Dicha aplicación, produjo de pequeñas a medianas mejoras en el rendimiento de sprint y grandes aumentos de la fuerza excéntrica máxima y capacidad excéntrica de los isquiotibiales en los futbolistas.

Lovell et al. (2018a) examinaron los efectos de un programa de NHE de 12 semanas al aplicarlo antes (BEF) o después (AFT) del entrenamiento de fútbol sobre la fuerza excéntrica, actividad muscular y las adaptaciones arquitectónicas de los isquiotibiales en futbolistas amateur.

En el estudio participaron 42 futbolistas amateur que fueron separados de manera aleatoria en 3 grupos: dos grupos experimentales; los cuales realizaron el programa NHE antes (NHEBEF, $n = 14$) y después (NHEAFT, $n = 16$) de las sesiones de entrenamiento quincenales. Y un grupo control (CON, $n = 12$); que realizó un programa de ejercicios de estabilidad de Core.

Los resultados demostraron aumentos moderados en el pico de fuerza máxima excéntrica en ambos grupos experimentales NHEBEF (+11,9%) y NHEAFT (+11,6%), respecto al grupo CON. Adicionalmente, la actividad neuromuscular del BF fue moderadamente mayor en ambos grupos intervención NHE frente al CON. En el grupo NHEAFT se produjo un aumento moderado del grosor del BF (+0,17 cm; 0,05-0,29 cm) respecto al grupo NHEBEF y CON. Y a su vez, el grupo NHEBEF presentó un aumento en la longitud del fascículo del BF probablemente mayor (+1,58 cm; 0,48-2,68 cm) frente al CON y NHEAFT.

Por lo tanto, la aplicación de un programa de NHE (Tabla 5) durante la temporada, mejoró la fuerza excéntrica y la actividad muscular de los músculos isquiotibiales en una magnitud similar, independientemente de su programación en relación con la sesión de entrenamiento de fútbol en futbolistas amateur. Sin embargo, las adaptaciones arquitectónicas para apoyar las ganancias de fuerza difirieron según el momento de aplicación del programa NHE.

Tabla 5

Periodización progresiva del programa NHE y de las planchas frontales y laterales.

Week	Session frequency	Sets	Repetitions	Weekly volume
Nordic hamstring exercise				
1	1	2	5	10
2	2	3	5	30
3	2	3	6	36
4	2	4	6	48
5	2	4	7	56
6	2	4	7	56
7	2	4	8	64
8	2	4	8	64
9	2	4	9	72
10	2	4	9	72
11	2	4	10	80
12	2	4	12	96
Static bench and sideways static bench exercises				
1	1	3	20s	60s
2-4	2	3	25s	150s
5-7	2	3	30s	180s
8-12	2	3	40s	240s

Nota. Tomado de *Hamstring injury prevention in soccer: Before or after training?* (p. 661) por Lovell et al., 2018a.

Lovell et al. (2018b) analizaron el impacto agudo que produce un programa de prevención de lesiones excéntrico (IPP) al aplicarlo el primer día del microciclo (MD+1) o en la mitad del mismo (MD+3) posterior al partido, sobre la función muscular, el daño y el dolor en futbolistas semiprofesionales.

En el estudio participaron 18 jugadores semiprofesionales de la 3ª y 4ª división de la AFL, los cuales fueron separados de manera aleatoria en 3 grupos (n= 6). Cada grupo realizó 3 intervenciones cruzadas (CON, MD+1 y MD+3) durante 3 microciclos de 6 días.

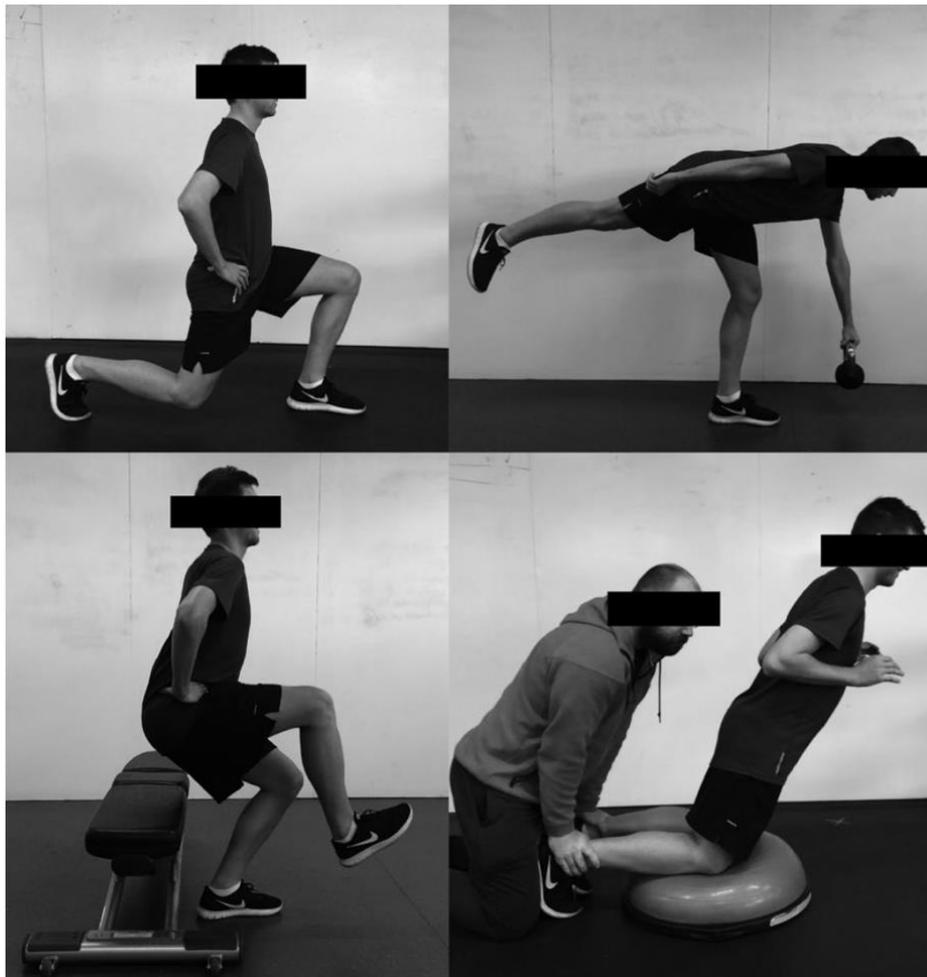
La administración del IPP en la mitad del microciclo (MD+3) produjo un aumento moderado de la CK frente a las pruebas CON y MD+1 los días previos al partido;

MD+4 (MD+3: 260%; CON: 146%; MD+1: 151%) y MD+5 (MD+3: 209%; CON: 125%; MD+1: 127%). Además, el dolor muscular percibido a nivel de los isquiotibiales fue mayor en el MD+4 y MD+5 cuando el IPP se administró en la mitad del microciclo (MD+3).

Por ello, el IPP (Figura 5) debería programarse al principio del microciclo (MD+1) para que su aplicación no comprometa el rendimiento de los futbolistas en el siguiente partido.

Figura 5

Ejercicios del programa de prevención de lesiones (IPP).



Nota. Zancadas (panel superior izquierdo), peso muerto unipodal con una pesa kettlebell de 6 kg. (panel superior derecho), sentadillas excéntricas a una pierna (panel izquierdo inferior) y NHE en bosu (panel inferior derecho). Tomado de

Scheduling of eccentric lower limb injury prevention exercises during the soccer micro-cycle: Which day of the week? (p. 2218), por Lovell et al., 2018b.

Suarez-Arrones et al. (2018) analizaron los efectos que produce la aplicación de 2 entrenamientos inerciales con sobrecarga excéntrica (1-2 series x 10 ejercicios; miembro superior y Core (Día 1); y miembro inferior (Día 2)) en jóvenes futbolistas profesionales durante una temporada competitiva completa.

Se produjo una disminución significativa de la masa grasa de todo el cuerpo ($-6,3 \pm 3,6\%$, ES = $-0,99 \pm 0,54$), mientras que la masa muscular aumentó ($2,5 \pm 0,8\%$, ES = $0,25 \pm 0,09$) con algunas diferencias regionales. La potencia muscular en la media sentadilla aumentó de manera significativa (del 3% al 14%, ES de 0,45 a 1,73), así como el rendimiento en los esprines (del 1,1% al 1,8%, ES de -0,33 a -0,44). No obstante, los cambios en el rendimiento deportivo de los jugadores no se correlacionaron con los cambios en la composición corporal.

Un programa de entrenamiento de fútbol combinado con sesiones de entrenamiento de sobrecarga excéntrica promueve cambios positivos en la composición corporal y en los factores físicos relevantes tanto para el rendimiento deportivo como para la prevención de lesiones en futbolistas jóvenes profesionales.

Van de Hoef et al. (2019) realizaron un ECA de manera prospectiva en el que tuvieron como objetivo determinar el efecto preventivo del programa BEP sobre la incidencia y la gravedad de las lesiones de los isquiotibiales en futbolistas amateur adultos durante la temporada.

Los 32 equipos de la primera división de fútbol amateur que participaron en el estudio fueron separados en dos grupos: 16 equipos (n= 229 jugadores) en el grupo intervención, los cuales realizaron el BEP además de su entrenamiento habitual; y los otros 16 equipos (n= 171 jugadores) en el grupo control, los cuales siguieron con su entrenamiento habitual.

La incidencia global de lesiones a nivel de los isquiotibiales fue menor en el grupo intervención que en el grupo control (1,12/1000 horas vs 1,39/1000 horas respectivamente). En cuanto a la severidad de las mismas, la mayoría de las lesiones fueron de carácter moderado (8-28 días de baja) en ambos grupos, siendo

el número medio de días sin jugar mayor en el grupo intervención que en el grupo control (33,0 +- 42,7 días de baja vs 21,35 +- 12,7 días de baja respectivamente). El cumplimiento del BEP por parte de los jugadores del grupo intervención fue del 71% durante toda la temporada.

Actualmente no pudieron encontrar relaciones evidentes del efecto preventivo del BEP con una disminución de las lesiones de los isquiotibiales en los jugadores de fútbol amateur. Las razones de dicho resultado pueden deberse al bajo cumplimiento y mala ejecución del BEP (Tabla 6) por parte de los futbolistas.

Tabla 6

Programa progresivo de saltos (BEP).

Week	Program
1	2 × 30 m walking lunges (2 × 10)
2	3 × 30 m walking lunges (3 × 10)
3	3 × 30 m walking lunges + 1 × 30 m triplings + droplunges)
4	2 × 30 m triplings + droplunges (2 × 10)
5	3 × 30 m triplings + droplunges (3 × 10)
6	3 × 30 m triplings + droplunges + 1 × 30 m bounding
7	2 × 20 m bounding (±7 jumps)
8	3 × 20 m bounding (±7 jumps)
9	4 × 20 m bounding (±7 jumps)
10	3 × 30 m bounding (±10 jumps)
11	4 × 30 m bounding (±10 jumps)
12	4 × 30 m bounding (in the fewest possible jumps)
13 until end of the soccer season	3 × 30 m bounding (in the fewest possible jumps)

Nota. Tomado de *Does a bounding exercise program prevent hamstring injuries in adult male soccer players? – A cluster-RCT*, (p. 517) por van de Hoef et al., 2019.

Oshima et al. (2020) evaluaron los efectos preventivos que proporciona la aplicación del programa FIFA 11+ (2ª parte) sobre la activación y fuerza de la musculatura del Core y miembro inferior, así como en la estabilidad dinámica en futbolistas amateur. Realizaron un estudio de casos seriados a 8 futbolistas universitarios, los cuales realizaron el programa (Tabla 2) 3 veces por semana durante un periodo de 6 meses.

El entrenamiento mejoró los niveles de actividad de la musculatura del Core (oblicuo externo del abdomen y erector espinal) y del miembro inferior (tibial anterior) ($p \leq 0.03$). A su vez, se corrigió la diferencia entre extremidades en la activación del semimembranoso y mejoró la estabilidad dinámica con un mayor efecto en la extremidad no dominante ($p \leq 0.02$). Además, hubo una mejora significativa en la fuerza extensora de rodilla de la extremidad no dominante (de $1.24 \mp \text{Nm/kg}$ a $1.39 \mp 0.14 \text{ Nm/kg}$; $p = 0.02$).

En base a dichos resultados, la realización del programa de calentamiento FIFA 11+ en futbolistas amateur puede mejorar simultáneamente la actividad de los músculos del Core y del miembro inferior y la estabilidad dinámica de los jugadores. Por tanto, cabe resaltar que estas mejoras podrían ser beneficiosas para la prevención de lesiones en futbolistas.

Medeiros et al. (2020) examinaron los efectos de la realización de los ejercicios NHE, una o dos veces por semana, sobre la fuerza excéntrica de los isquiotibiales y los factores de riesgo de distensión muscular en jugadores de fútbol de alto nivel.

En este ECA, 32 jugadores de fútbol (18-23 años) completaron un programa de entrenamiento NHE (Tabla 7) de 8 semanas. Los jugadores fueron distribuidos en dos grupos experimentales: grupo 1 (G1; NHE una vez por semana, $n = 15$); y el grupo 2 (G2; NHE dos veces por semana, $n = 17$). Se evaluó el pico de fuerza máxima de los flexores y extensores de rodilla, además de los cambios en la arquitectura muscular de la cabeza del BF mediante dinamometría isocinética y ultrasonografía respectivamente, antes y después de los programas de entrenamiento.

Tabla 7

Periodización del programa NHE.

Week	Frequency	Sets	Repetitions
1	1 or 2 *	2	6
2	1 or 2 *	3	6
3	1 or 2 *	3	8
4	1 or 2 *	3	10
5	1 or 2 *	4	8-10
6	1 or 2 *	4	8-10
7	1 or 2 *	4	10
8	1 or 2 *	4	10

Nota. *Frecuencia: 1 vez a la semana para el grupo 1 (G1) y 2 veces por semana para el (G2). Tomado de *Effect of Weekly Training Frequency With the Nordic Hamstring Exercise on Muscle-Strain Risk Factors in Football Players: A Randomized Trial*, (p. 1028) por Medeiros et al., 2020.

El G2 demostró tener un mayor pico concéntrico de los isquiotibiales que el G1 (155-164 frente a 149-158 N-m; $P = 0,043$; ES = 0,27), así como un mayor pico excéntrico de los isquiotibiales (212-234 frente a 198-221 N-m; $P = 0,098$; ES = 0,37). Por otro lado, no se encontraron diferencias significativas entre grupos en el grosor del músculo BF ($P = 0,864$; ES = 0,12), la longitud del fascículo ($P = 0,406$; ES = 0,03) y el pico máximo concéntrico del cuádriceps ($P = 0,340$; ES = 0,02).

Finalmente, sólo el programa de entrenamiento NHE realizado 2 veces por semana fortaleció los isquiotibiales de los futbolistas de alto nivel, mientras que los cambios producidos en la arquitectura muscular fueron similares con la realización de una y dos sesiones por semana.

5. DISCUSIÓN

La incidencia de lesiones musculares en el fútbol es un problema evidente en la actualidad. Es por ello, que en este apartado discutiremos las variables previamente nombradas para dar respuesta a los objetivos planteados.

Fuerza muscular de MMII

La mejora de la fuerza muscular del miembro inferior, en especial la excéntrica, ha sido una de las variables más estudiadas por la literatura científica actual por su gran correlación con la prevención de lesiones musculares en futbolistas (Medeiros et al., 2020).

Los estudios realizados por Impellizzeri et al. (2013), Ishøi et al. (2016), Ishøi et al. (2018), Oshima et al. (2020), Suarez-Arrones et al. (2018) y Medeiros et al. (2020) demostraron que la aplicación de programas ejercicios excéntricos y/o sobrecarga excéntrica, o la combinación de los mismos con ejercicios pliométricos, pueden producir mejoras significativas de la fuerza concéntrica y excéntrica en los grupos musculares del miembro inferior en futbolistas.

En el estudio realizado por Ishøi et al. (2018), el grupo intervención (GI) obtuvo una mejora pre-post significativa de la ECC-PHS de un 19,2%, al igual que en la ECC-CAPHS de un 17,4% frente al grupo control (GC) después de aplicar el programa de entrenamiento NHE (Tabla 4) durante 10 semanas. A su vez, los resultados obtenidos en el estudio realizado por Medeiros et al. (2020) demostraron que la aplicación del programa NHE (Tabla 7) durante 8 semanas mejoraba el pico de fuerza máximo concéntrico y excéntrico (11%) de los músculos isquiotibiales en el grupo G2.

Por otro lado, Ishøi et al. (2016) demostraron un aumento del 35,7% en la EHAD y un aumento del 20,3% en la EHAB en el Club A después de la aplicación del programa CA (Tabla 3) durante 8 semanas. Mientras que en el Club B no se encontraron diferencias significativas en dichas variables. Así mismo, Suarez-Arrones et al. (2018) demostraron que la aplicación de un programa de ejercicios con sobrecarga excéntrica 2 días a la semana durante 6 meses, puede producir

mejoras sustanciales (de 3% a 14%, ES de 0,45 a 1,73) en la potencia muscular de los miembros inferiores durante la HS al final de la temporada en comparación con la prueba inicial en futbolistas de alto nivel.

Impellizzeri et al. (2013) obtuvieron diferencias entre grupos en la fuerza excéntrica de un 3,8% y en la concéntrica de un 3,2% de los músculos flexores de rodilla a 60°/s a favor del grupo intervención “FIFA 11+” después de realizar el programa (Tabla 2) 3 veces por semana durante 9 semanas. En cambio, en el estudio realizado por Oshima et al. (2020), no se observaron efectos significativos del programa de entrenamiento FIFA 11+ (2ª parte) sobre la fuerza de los músculos flexores de rodilla y en los músculos abductores de la cadera. Únicamente se observó una mejora pre-post de la fuerza extensora de rodilla (de 1.24 ∓ 0.15 Nm/kg a 1.39 ∓ 0.14 Nm/kg) de la pierna no dominante.

Debido a la falta de unificación de los programas de ejercicios, se observan diferencias porcentuales de mejora en la fuerza muscular de los diferentes grupos musculares del miembro inferior. Y por ello, se necesita una mayor investigación científica, además de una mejor unificación de programas de ejercicios para poder extrapolar dichos resultados a toda la población.

Aún así, es evidente que la aplicación de dichos programas producen mejoras sobre la fuerza muscular, en especial la excéntrica, del MMII en futbolistas amateur y de alto nivel. Dichas mejoras sobre la fuerza pueden ser un factor determinante para la prevención de lesiones musculares, aunque todavía deben ser evaluadas y analizadas desde el punto de vista del rendimiento deportivo.

Por otra parte, muchos de los programas han sido planteados para implementarlos como medio de calentamiento, como es el caso del programa FIFA 11+ (2ª parte) (Impellizzeri et al., 2013; Oshima et al., 2020). La ganancia de fuerza muscular, obtenida en dichos estudios por parte de los futbolistas amateur, puede que se haya visto afectada por la realización de los NHE como parte del calentamiento, puesto que Lovell et al. (2016) demostraron que la realización de ejercicios NHE BT producía una disminución de la fuerza excéntrica de los isquiotibiales (-14,1 a -18,9%) y, por consiguiente, un mayor riesgo de sufrir lesión

a ese nivel. A su vez, cabe resaltar que también ha podido incidir que el estímulo recibido en relación a la carga de los NHE no haya sido lo suficientemente alto (1 serie x 5-6 repeticiones NHE) para poder crear adaptaciones mayores sobre la fuerza como ya hemos visto en el estudio por Ishøi et al. (2018) (Tabla 4).

En consecuencia, la mejora sobre la fuerza muscular puede verse sesgada por las diferentes metodologías y muestras utilizadas en los estudios, así como por la duración, el volumen e intensidad de los ejercicios y la frecuencia de aplicación de los diferentes programas de ejercicios.

Rendimiento del sprint

En el fútbol las acciones más decisivas se producen a intensidades altas. La producción de fuerza por parte de la musculatura, junto con su control y orden de activación neuromuscular (Blandford et al., 2018), es determinante para que haya un mayor rendimiento deportivo y menor riesgo de lesión por parte de los jugadores durante la carrera. La carrera o el sprint, es uno de los momentos donde mayor número de lesiones musculares se producen en el fútbol, sobre todo en los últimos momentos de la fase de oscilación o también denominada “swing phase” (Ishøi et al., 2018).

Ishøi et al. (2018), Suarez-Arrones et al. (2018), Lovell et al. (2016) e Impellizzeri et al. (2013) demostraron que mediante la aplicación de programas de ejercicios excéntricos y/o sobrecarga excéntrica, o la combinación de los mismos con ejercicios pliométricos, el rendimiento del sprint mejoraba en futbolistas amateur y profesionales.

La aplicación de un programa de ejercicios NHE (Tabla 4) durante 10 semanas puede producir mejoras pequeñas o moderadas en el rendimiento de sprint en futbolistas amateur. En el caso de Ishøi et al. (2018), observaron una mejora pre-post significativa en el grupo intervención (GI) respecto al grupo control (GC) en el rendimiento de sprint, así como en las variables de sprint analizadas; TST (1,8%), 10 mST (2,6%) L10mST (3,2%) ($p < 0.05$). Al mismo tiempo, Lovell et al. (2016) observaron que la aplicación de un programa NHE antes del entrenamiento (BT),

atenuaba el descenso en el rendimiento de sprint (2,0-3,2%) respecto a realizarlo después (AT) del entrenamiento.

Por esa razón, la realización de ejercicios NHE antes del entrenamiento puede ser beneficiosa para mejorar el rendimiento del sprint en futbolistas amateur. No obstante, el hecho de realizar ejercicios NHE previos al entrenamiento en campo puede ser perjudicial para los isquiotibiales, puesto que la fatiga excéntrica muscular aumentaría (Lovell et al., 2016) y, por tanto, podría aumentar el riesgo de lesión a ese nivel durante la carrera.

Adicionalmente, Suarez-Arrones et al. (2018) demostraron que la aplicación de 2 entrenamientos inerciales con sobrecarga excéntrica a la semana durante la temporada mejoraba el rendimiento del sprint del 1,1% al 1,8% en jóvenes futbolistas profesionales. Impellizzeri et al. (2013) observaron que el rendimiento de sprint mejoraba en mayor medida en el grupo “FIFA 11+” que en el grupo CON, aunque dichas diferencias no fueron significativas desde un punto de vista práctico.

Por tanto, la mejora porcentual del rendimiento en el sprint en futbolistas puede verse sesgada por las diferentes metodologías de medición y las características de las muestras utilizadas en los estudios. Por ello, se necesita una mayor investigación y unificación de los test de sprint utilizados para la medición de dicha variable.

Actividad neuromuscular y arquitectura muscular durante NHE

Las lesiones de los músculos isquiotibiales son de las lesiones que mayor recurrencia presentan en el fútbol, siendo la falta de fuerza excéntrica a nivel de los mismos uno de los factores principales que determinan dicha recurrencia. La actividad neuromuscular de los músculos isquiotibiales durante los ejercicios NHE se ha convertido en una de las variables más estudiadas por la literatura científica.

Los estudios realizados por Lovell et al. (2016), Blandford et al. (2018) y Lovell et al. (2018a) demostraron que realización de programas de ejercicios NHE produce cambios sobre la actividad neuromuscular de la musculatura isquiotibial en futbolistas amateur y de alto nivel.

Lovell et al. (2018a) observaron que la actividad EMG del BF fue moderadamente mayor en los dos grupos intervención NHE que en el grupo control. A su vez, Blandford et al. (2018) demostraron que la activación muscular del BF era mayor en las angulaciones 90°-30° que en las 30°-0° ($P < 0,001$), pero no difirió entre grupos. No obstante, las relaciones de activación muscular del BF y sus sinergistas (BF/SM ($P = 0,001$) y BF/GM ($P = 0,023$)) a 30°-0° fueron mayores en el grupo intervención que en el grupo control.

En otro estudio realizado por el mismo autor, Lovell et al. (2016) observaron una disminución evidente de la actividad EMG durante las MVA tanto en el BF como en los MH a lo largo del todo el movimiento, particularmente en el rango 15°-0°, cuando el programa NHE se aplicó BT.

Por lo tanto, es evidente que la aplicación de un programa NHE puede mejorar la fuerza excéntrica de los isquiotibiales en futbolistas (Ishøi et al., 2018; Medeiros et al., 2020). No obstante, el hecho de realizarlo previo al entrenamiento puede ser un factor limitante desde un punto de vista preventivo, puesto que la actividad neuromuscular del BF y sus sinergistas disminuye en los últimos rangos de movimiento de la flexión de rodilla. Esto puede traducirse en un mayor riesgo de lesión a nivel de los isquiotibiales durante la carrera, ya que la actividad excéntrica de los músculos isquiotibiales disminuye debido a la fatiga acumulada durante los ejercicios NHE. Sería precisa, por ende, una mayor activación sinergista durante las acciones intensas en dichas angulaciones de flexión de rodilla.

Por otro lado, Lovell et al. (2018a) y Medeiros et al. (2020) observaron los cambios que se producen en la arquitectura muscular del BF mediante la aplicación de programas de ejercicios NHE en futbolistas.

Lovell et al. (2018a) observaron cambios tanto en el grosor como en la longitud del BF en ambos grupos intervención. En el grupo NHEAFT se produjo un aumento moderado del grosor del BF (+0,17 cm; 0,05-0,29 cm) respecto al grupo NHEBEF y CON. Y a su vez, el grupo NHEBEF presentó un aumento en la longitud del fascículo del BF probablemente mayor (+1,58 cm; 0,48-2,68 cm) frente al CON y NHEAFT. Por lo contrario, Medeiros et al. (2020) no encontraron diferencias significativas entre los grupos intervención en el grosor y en la longitud del fascículo del BF.

Por ello, la aplicación de programas de ejercicios NHE pueden inducir cambios a nivel del grosor y la longitud del BF en futbolistas. Dichos cambios difieren según el momento de aplicación, antes o después del entrenamiento, aunque la frecuencia de aplicación del programa NHE no parece ser un factor diferencial a la hora de producir cambios estructurales en la musculatura de los futbolistas. Hace falta una mayor investigación científica sobre esta variable para poder extrapolar dichos resultados a todos los futbolistas.

Control neuromuscular y estabilidad del Core mediante el FIFA11 + (2ª parte)

La falta de estabilidad dinámica de los segmentos corporales durante las acciones deportivas, así como la del Core, se ha convertido en un factor determinante para la prevención de lesiones en el fútbol. Los estudios realizados por Impellizzeri et al. (2013) y Oshima et al. (2020) observaron los cambios que produce el programa FIFA 11+ (2ª parte) sobre el control neuromuscular y la estabilidad de Core en futbolistas amateur.

Después de 9 semanas de intervención, los jugadores que realizaron el programa FIFA 11+ redujeron el TTS y la estabilidad del Core en un -2,8% y un -8.9% respectivamente respecto al CON (Impellizzeri et al., 2013).

Por otra parte, en ambos estudios utilizaron el SEBT para medir el control postural dinámico del miembro inferior en los futbolistas amateur. La intervención realizada por Oshima et al. (2020) mejoró la estabilidad dinámica de los futbolistas en ambas piernas, en especial la de la pierna no dominante en las siguientes direcciones: medial, postero-medial y en la posterior. En cambio, los resultados obtenidos por Impellizzeri et al. (2013) no difirieron entre grupos, habiendo una ligera tendencia a mejora en el grupo FIFA 11+.

Por esta razón, el programa de calentamiento FIFA 11+ (2ª parte) parece ser beneficioso para mejorar la estabilidad dinámica, así como el TTS, y la estabilidad del Core de los futbolistas. No obstante, puede ser que Oshima et al. (2020) obtuvieran mejoras más significativas sobre control postural dinámico en el SEBT que Impellizzeri et al. (2013), puesto que el tiempo de intervención fue mayor (6 meses vs 9 semanas respectivamente), así como la muestra utilizada (8 jugadores amateur vs 81 jugadores respectivamente). Debido a las diferencias metodológicas

encontradas en los estudios, haría falta una mayor investigación de dichas variables y una mejor unificación metodológica para poder extrapolar dichos resultados al fútbol de alto nivel.

Composición corporal

La composición corporal puede llegar a ser un factor determinante para la prevención de lesiones, dado que se ha relacionado con la capacidad de producir fuerza en futbolistas (Buchheit et al., 2016). La BM de los futbolistas varía a lo largo de una temporada según el calendario competitivo y la carga de entrenamientos (Suarez-Arrones et al., 2018), por lo que es una variable a tener en cuenta.

Suarez-Arrones et al. (2018) demostraron que la aplicación de 2 entrenamientos inerciales con sobrecarga excéntricos a la semana producía aumentos de la masa muscular (2,5± 0,8%), así como descensos significativos de la grasa corporal (-6,3%±3,6%) en jóvenes futbolistas profesionales.

Por otro lado, Buchheit et al. (2016) observaron que la capacidad de producir fuerza excéntrica de los isquiotibiales durante los NHE estaba directamente correlacionada con la BM de los futbolistas. Los jugadores más pesados y de mayor edad (4ª división, profesionales, AFL) obtuvieron valores de fuerza excéntrica más altos que los más jóvenes y menos pesados (U17-U21), siendo los jugadores profesionales los únicos que obtuvieron valores de fuerza mayores respecto a su BM.

Por ese motivo, la aplicación de programas de entrenamiento excéntricos inerciales pueden mejorar la composición corporal en jóvenes futbolistas profesionales. Esta mejora de la composición corporal puede ir asociada con un mejor rendimiento deportivo, puesto que los cambios producidos a nivel del tejido muscular y graso pueden inducir una mayor eficiencia en los movimientos, lo cual generaría una mayor protección ante sucesos lesionales.

Por el contrario, aunque los jugadores profesionales que participaron en el estudio de Buchheit et al. (2016) eran ligeramente más delgados (-7 kg.) respecto a los jugadores de la AFL, obtuvieron mayores resultados en la fuerza excéntrica (+40 N). Dicha diferencia necesita ser investigada, pero puede que sea por las

demandas físicas de los partidos, así como por los métodos de entrenamiento utilizados en sus respectivos clubes.

Momento de aplicación del programa NHE

Los calendarios competitivos son una herramienta fundamental para los entrenadores y preparadores físicos de los equipos de fútbol. De ellos obtienen la información necesaria para programar y periodizar las cargas de entrenamiento semanales de forma segura y eficiente en relación a la competición más próxima.

La literatura científica ha demostrado que la aplicación de programas NHE producen mejoras sobre la fuerza excéntrica de la musculatura isquiotibial en futbolistas amateur, convirtiéndose así en una herramienta preventiva determinante para reducir el riesgo de lesión a ese nivel. Es por ello, que Lovell et al. (2016) y Lovell et al. (2018a) investigaron a cerca del momento de aplicación de dichos ejercicios debido a su carácter excéntrico y fatigante.

En relación a las ganancias de fuerza excéntrica en los isquiotibiales, Lovell et al. (2016) demostraron que la realización de ejercicios NHE BT, producía una disminución del pico excéntrico de dicha musculatura de -14,1% a -18,9%, respecto a realizarlo después del entrenamiento (AT) en futbolistas amateur. A su vez, en un estudio diferente realizado por el mismo autor (Lovell et al., 2018a), demostraron que la aplicación de ejercicios NHE antes (NHEBEF) o después (NHEAFT) del entrenamiento mejora el pico de fuerza excéntrica de los isquiotibiales en futbolistas amateur en un 11,9% y 11,6% respectivamente respecto al grupo CON.

Así mismo, Lovell et al. (2016) observaron que la realización de los ejercicios NHE BT producía un aumento de la fatiga excéntrica del 19,8% en los músculos isquiotibiales respecto a realizarlos AT. A su vez, dicha fatiga fue un 39,6% mayor en los rangos de movimiento 15°-0° de flexión de rodilla durante la realización de los NHE BT que AT. No obstante, la realización de los NHE BT atenuó el descenso en un 2,0-3,2% del rendimiento de sprint respecto a realizarlo en AT.

Al mismo tiempo, Lovell et al. (2018b) observaron que la aplicación del programa de ejercicios (IPP) en mitad del microciclo (MD+3) aumentaba los niveles de daño y dolor percibido en los músculos isquiotibiales, respecto a realizarlo el primer día

del microciclo (MD+1) o del grupo control (CON), los días previos al partido MD+4 y MD+5.

La mejora de la fuerza excéntrica obtenida en el estudio de Lovell et al. (2018a) es significativa en ambos grupos intervención. Aún así, dicha diferencia de mejora puede deberse a que los jugadores del grupo CON realizaron un programa de ejercicios de estabilidad del Core durante las 12 semanas que duró la intervención y, por tanto, no recibieron ningún estímulo específico excéntrico a nivel de los isquiotibiales que pudiera generar mejoras en la fuerza. Por ello, se necesitaría realizar intervenciones con muestras y metodologías diferentes para poder extrapolar dichos resultados en futbolistas profesionales.

A su vez, los resultados obtenidos por Lovell et al. (2016) respecto a la fatiga excéntrica de los isquiotibiales pueden deberse a la metodología empleada en el estudio (SAFT60), además de la carga aplicada de ejercicios NHE durante las 2 sesiones en el laboratorio (6 series x 5-6 repeticiones NHE máximas).

En resumen y en respuesta a los objetivos principales, nos encontramos con que los programas de ejercicios excéntricos y pliométricos revisados en los estudios, inducen efectos beneficiosos a nivel funcional y estructural en futbolistas, principalmente de nivel amateur. La mejora de las variables analizadas pueden ir asociadas con un aumento del rendimiento deportivo, así como un menor riesgo de lesión durante la práctica deportiva.

Por un lado, la aplicación de programas de ejercicios excéntricos, como los NHE, parecen ser eficaces para reducir el riesgo de lesión a nivel de los isquiotibiales en futbolistas amateur (Ishøi et al., 2018). Por otro lado, la aplicación de programas pliométricos, o en combinación con ejercicios excéntricos (FIFA 11+), pueden producir mejoras en diferentes factores de rendimiento en futbolistas. Van de Hoef et al. (2019) demostraron que la incidencia lesional a nivel de los isquiotibiales mejoraba con la aplicación del programa pliométrico (BEP) en el grupo intervención más que en el grupo control.

Aún así, debido a la falta de unificación de los programas de entrenamiento excéntricos y pliométricos revisados, se observan diferencias porcentuales de mejora en las distintas variables a medir. Se necesita una mayor investigación

científica, además de una mejor unificación de programas de ejercicios para poder definir el carácter preventivo de los programas sobre las lesiones musculares en futbolistas.

6. FUTURAS LÍNEAS DE INVESTIGACIÓN

Las lesiones musculares en futbolistas se han convertido en un problema significativo en el fútbol amateur y de alto nivel. En la mayoría de los estudios de investigación que hemos analizado han utilizado de forma genérica colectivos sanos, del mismo género y con niveles deportivos parecidos. Es por ello que se debería construir una nueva línea de investigación en la que hubiese cierta diferenciación en el género, nivel deportivo y salud de la muestra que conforman la intervención; mujeres futbolistas vs hombre futbolistas; jugadores con lesiones previas vs jugadores sanos; o jugadores profesionales vs jugadores amateur.

Del mismo modo, es necesario realizar una mejor unificación de programas excéntricos y pliométricos, así como de las metodologías utilizadas por los investigadores para la medición de las diferentes variables. Resultaría de utilidad unificar los tiempos de aplicación de dichos programas para generar una mayor adherencia y cumplimiento por parte de los futbolistas.

A su vez, debido al carácter fatigante y excéntrico de los ejercicios NHE, resultaría ventajoso analizar si dichos ejercicios están correctamente implementados en el programa FIFA 11+ (2ª parte) como parte del calentamiento. Del mismo modo, resultaría interesante investigar la transferencia sobre el rendimiento que produciría la implementación de programas de ejercicios en gimnasio como (ej.: sentadillas, hip-thrust, peso muerto, etc.) en futbolistas amateur y de alto nivel.

Para finalizar, se podría analizar el riesgo de lesión a nivel de los isquiotibiales respecto a la posición de la cadera y la pelvis durante la carrera y/o sprint, en vista de que es un factor que ha comenzado a tener una gran importancia en la prevención de lesiones musculares en futbolistas en la actualidad.

7. CONCLUSIONES

Tras la revisión y análisis de los estudios disponibles, hemos podido obtener las siguientes conclusiones:

1. La aplicación de programas de entrenamiento excéntricos y/o sobrecarga excéntrica, junto con programas pliométricos, puede inducir cambios estructurales y funcionales significativos para la prevención de lesiones musculares y por consiguiente, una mejora del rendimiento deportivo en futbolistas. Los resultados obtenidos afirmaron mejoras moderadamente significativas en todas las variables analizadas, haciendo especial hincapié sobre la fuerza excéntrica de los músculos del MMII y en el rendimiento de sprint. Por lo tanto, la aplicación de dichos programas en futbolistas pueden producir efectos preventivos a nivel estructural y funcional en la musculatura, aunque todavía se necesita una mayor investigación científica al respecto para extrapolarlo a la totalidad de estos deportistas.
2. El programa de saltos (BEP) puede disminuir la incidencia de lesiones a nivel de los isquiotibiales en futbolistas amateur. Aún así, la evidencia científica en relación a la efectividad preventiva de los programas de entrenamiento pliométricos, en especial el FIFA11+ (2ª parte), es limitada, por lo que hace falta una mayor investigación científica al respecto.
3. Los programas de entrenamiento con ejercicios excéntricos y/o sobrecarga excéntrica son una herramienta muy útil para la prevención de lesiones musculares, sobre todo, en la musculatura isquiotibial en futbolistas. Esto se debe a la gran demanda excéntrica que dicha musculatura tiene en las acciones más determinantes durante la competición (sprints, saltos, cambios de dirección, etc.). En concreto, el BF es el que mayor índice de lesión muscular presenta en futbolistas.
4. La realización de programas de ejercicios nórdicos (NHE) ha demostrado ser efectiva para la ganancia de fuerza muscular excéntrica de la musculatura isquiotibial y por ende, un ejercicio clave para prevenir posibles lesiones de dicha musculatura en futbolistas. No obstante, se debe tener en cuenta que se trata de un ejercicio que produce un gran daño y elevada fatiga muscular

- en la misma, además de disminuir su actividad neuromuscular, especialmente del BF durante los 30°-0° de flexión de rodilla.
5. Es preferible que la realización de los programas de ejercicios nórdicos (NHE) se realicen después del entrenamiento y a ser posible, en los primeros días del microciclo. El hecho de llevarlos a cabo antes del entrenamiento disminuye el pico excéntrico de la musculatura isquiotibial, aumentando así la fatiga y el riesgo de lesión a ese nivel durante el entrenamiento. Por otro lado, la aplicación del programa de ejercicios NHE dos veces por semana, frente a una única vez, genera mayores beneficios en futbolistas.
 6. La capacidad de producción de fuerza excéntrica por parte de la musculatura isquiotibial durante la realización de los ejercicios nórdicos (NHE) está directamente relacionada con la masa corporal de los futbolistas, aunque dicha relación puede diferir en futbolistas profesionales.
 7. La realización de programas de ejercicios nórdicos (NHE) puede inducir cambios a nivel del grosor y la longitud del BF en futbolistas. Dichos cambios difieren según el momento de aplicación, antes o después del entrenamiento, aunque la frecuencia de aplicación del programa NHE no parece ser un factor diferencial a la hora de producir cambios estructurales en la musculatura de los futbolistas.
 8. El ejercicio nórdico (NHE) no cumple con el principio de especificidad del fútbol, en primer lugar por su carácter bipodal, y en segundo lugar, por que el jugador no trabaja en las angulaciones (30° de flexión de rodilla) donde se producen el mayor número de lesiones musculares.
 9. La realización de programas excéntricos y/o de sobrecarga excéntrica producen mejoras en el rendimiento del sprint en futbolistas amateur y profesionales respectivamente.
 10. La carrera o el sprint, es uno de los momentos donde mayor número de lesiones musculares se producen en el fútbol, sobre todo en los últimos momentos de la fase de oscilación o también denominada “swing phase”.

11. Los programas de entrenamiento con sobrecarga excéntrica pueden ocasionar cambios en la composición corporal de los futbolistas profesionales, aumentando el porcentaje de tejido muscular y disminuyendo el porcentaje de tejido graso de los mismos.
12. La aplicación del programa FIFA 11+ (2ª parte) como parte del calentamiento produce mejoras en el control postural dinámico y estabilidad del Core en futbolistas amateur.
13. Por último, la búsqueda bibliográfica referente al tema es limitada. En general, hace falta una mayor investigación científica sobre la efectividad preventiva de los diferentes programas de entrenamiento excéntricos y/o pliométricos, así como una mejor unificación de programas de ejercicios para mejorar la prevención de lesiones musculares en futbolistas amateur y profesionales.

8. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Bangsbo, J., Mohr, M., & Krstrup, P. (2006). Physical and metabolic demands of training and match-play in the elite football player. *Journal of Sports Sciences*, 24(7), 665–674. doi: 10.1080/02640410500482529.
- Blandford, L., Theis, N., Charvet, I., & Mahaffey, R. (2018). Is neuromuscular inhibition detectable in elite footballers during the Nordic hamstring exercise? *Clinical Biomechanics (Bristol, Avon)*, 58, 39–43. <https://doi.org/10.1016/j.clinbiomech.2018.07.009>
- Buchheit, M., Cholley, Y., Nagel, M., & Poulos, N. (2016). The effect of body mass on eccentric knee-flexor strength assessed with an instrumented Nordic hamstring device (Nordbord) in football players. *International Journal of Sports Physiology and Performance*, 11(6), 721–726. <http://dx.doi.org/10.1123/ijsp.2015-0513>
- Cometti, G. (1998). *La pliometría*. Editorial Inde.
- de 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), 30–37.
- Ekstrand, J., & Gillquist, J. (1983). Soccer injuries and their mechanisms: A prospective study. *Medicine and Science in Sports and Exercise*, 15(3), 267.
- Ekstrand, J., Hägglund, M., & Waldén, M. (2011). Epidemiology of muscle injuries in professional football (soccer). *The American Journal of Sports Medicine*, 39(6), 1226–1232. <http://dx.doi.org/10.1177/0363546510395879>
- Fédération Internationale de Football Association. (s/f). *11+ Manual. Un programa completo de calentamiento para prevenir las lesiones en el fútbol*. FIFA Medical assessment and Research Centre (F-MARC). https://www.f-marc.com/files/downloads/workbook/11plus_workbook_s.pdf
- Gonzalez Badillo, J.J., & Gorostiaga Ayestarán, E.(INDE)(2002). Fundamentos del entrenamiento de la fuerza. Aplicación al alto rendimiento deportivo.
- Hammes, D., Aus Der Fünften, K., Kaiser, S., Frisen, E., Dvorák, J., & Meyer, T. (2015). Injuries of veteran football (soccer) players in Germany. *Research in Sports Medicine*, 23(2), 215–226. DOI: 10.1080/15438627.2015.1005295
- Impellizzeri, F. M., Bizzini, M., Dvorak, J., Pellegrini, B., Schena, F., & Junge, A. (2013). Physiological and performance responses to the FIFA 11+ (part 2): a randomised controlled trial on the training effects. *Journal of Sports Sciences*, 31(13), 1491–1502. <http://dx.doi.org/10.1080/02640414.2013.802926>

- Ishøi, L., Sørensen, C. N., Kaae, N. M., Jørgensen, L. B., Hölmich, P., & Serner, A. (2016). Large eccentric strength increase using the Copenhagen Adduction exercise in football: A randomized controlled trial: Strength increase using Copenhagen Adduction. *Scandinavian Journal of Medicine & Science in Sports*, 26(11), 1334–1342. doi: 10.1111/sms.12585
- Ishøi, Lasse, Hölmich, P., Aagaard, P., Thorborg, K., Bandholm, T., & Serner, A. (2018). Effects of the Nordic Hamstring exercise on sprint capacity in male football players: a randomized controlled trial. *Journal of Sports Sciences*, 36(14), 1663–1672. <https://doi.org/10.1080/02640414.2017.1409609>
- Llana Belloch, S.; Pérez Soriano, P. y Lledó Figueres, E. (2010). La epidemiología del fútbol: una revisión sistemática. *Revista Internacional de Medicina y Ciencias de la Actividad Física y el Deporte* vol. 10 (37) pp. 22-40. [Http://cdeporte.rediris.es/revista/revista37/artfutbol130.htm](http://cdeporte.rediris.es/revista/revista37/artfutbol130.htm)
- Longo, U. G., Sofi, F., Candela, V., Risi Ambrogioni, L., Pagliai, G., Massaroni, C., Schena, E., Cimmino, M., D'Ancona, F., & Denaro, V. (2021). The influence of athletic performance on the highest positions of the final ranking during 2017/2018 Serie A season. *BMC Sports Science, Medicine and Rehabilitation*, 13(1), 32. <https://doi.org/10.1186/s13102-021-00259-3>
- Lovell, R., Knox, M., Weston, M., Siegler, J. C., Brennan, S., & Marshall, P. W. M. (2018). Hamstring injury prevention in soccer: Before or after training? *Scandinavian Journal of Medicine & Science in Sports*, 28(2), 658–666. DOI: 10.1111/sms.12925
- Lovell, R., Whalan, M., Marshall, P. W. M., Sampson, J. A., Siegler, J. C., & Buchheit, M. (2018). Scheduling of eccentric lower limb injury prevention exercises during the soccer micro-cycle: Which day of the week? *Scandinavian Journal of Medicine & Science in Sports*, 28(10), 2216–2225. DOI: 10.1111/sms.13226
- Lovell, R., Siegler, J. C., Knox, M., Brennan, S., & Marshall, P. W. M. (2016). Acute neuromuscular and performance responses to Nordic hamstring exercises completed before or after football training. *Journal of Sports Sciences*, 34(24), 2286–2294. <http://dx.doi.org/10.1080/02640414.2016.1191661>
- Medeiros, T. M., Ribeiro-Alvares, J. B., Fritsch, C. G., Oliveira, G. S., Severo-Silveira, L., Pappas, E., & Baroni, B. M. (2020). Effect of weekly training frequency with the Nordic hamstring exercise on muscle-strain risk factors in football players: A randomized trial. *International Journal of Sports Physiology and Performance*, 15(7), 1–8. <https://doi.org/10.1123/ijsp.2018-0780>
- Noya Salces, J., Gómez-Carmona, P. M., Gracia-Marco, L., Moliner-Urdiales, D., & Sillero-Quintana, M. (2014). Epidemiology of injuries in First Division Spanish football. *Journal of Sports Sciences*, 32(13), 1263–1270. <http://dx.doi.org/10.1080/02640414.2014.884720>

- Noya, J. & Sillero, M. (2012). Incidencia en el fútbol profesional español a lo largo de una temporada: días de baja por lesión. *Apunts. Medicina de l'Esport*, 47(176), 115-123. doi:10.1016/j.apunts.2011.10.001
- Oshima, T., Nakase, J., Inaki, A., Mochizuki, T., Takata, Y., Shimosaki, K., Kinuya, S., & Tsuchiya, H. (2020). Comparison of muscle activity, strength, and balance, before and after a 6-month training using the FIFA11+ program (part 2). *Journal of Orthopaedic Surgery (Hong Kong)*, 28(1), 2309499019891541. DOI: 10.1177/2309499019891541
- Price, R. J., Hawkins, R. D., Hulse, M. A., & Hodson, A. (2004). The Football Association medical research programme: an audit of injuries in academy youth football. *British Journal of Sports Medicine*, 38(4), 466–471. doi: 10.1136/bjism.2003.005165
- Rago, V., Pizzuto, F., & Raiola, G. (2017). Relationship between intermittent endurance capacity and match performance according to the playing position in sub-19 professional male football players: Preliminary results. *Journal of physical education and sport*, 17(2), 688.
- Rey, E., Casáis, L., Lago, C., & Lago, J. (2011). Superando el mito de la fatiga en el fútbol. Influencia del tiempo efectivo de juego sobre la distancia recorrida por futbolistas de elite. *FútbolPF: Revista de Preparación Física en el Fútbol*, 2, 54–62. [http:// www.futbolpf.com](http://www.futbolpf.com)
- Ribeiro-Alvares, J. B., Dornelles, M. P., Fritsch, C. G., de Lima-E-Silva, F. X., Medeiros, T. M., Severo-Silveira, L., Marques, V. B., & Baroni, B. M. (2020). Prevalence of hamstring strain injury risk factors in professional and under-20 male football (soccer) players. *Journal of Sport Rehabilitation*, 29(3), 339–345. <https://doi.org/10.1123/jsr.2018-0084>
- Suarez-Arrones, L., Saez de Villarreal, E., Núñez, F. J., Di Salvo, V., Petri, C., Buccolini, A., Maldonado, R. A., Torreno, N., & Mendez-Villanueva, A. (2018). In-season eccentric-overload training in elite soccer players: Effects on body composition, strength and sprint performance. *PloS One*, 13(10), e0205332. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0205332>
- van de Hoef, P. A., Brink, M. S., Huisstede, B. M. A., van Smeden, M., de Vries, N., Goedhart, E. A., Gouttebauge, V., & Backx, F. J. G. (2019). Does a bounding exercise program prevent hamstring injuries in adult male soccer players? - A cluster-RCT. *Scandinavian Journal of Medicine & Science in Sports*, 29(4), 515–523. DOI: 10.1111/sms.13353
- Verkhoshansky, Y. (2006). *Todo sobre el método pliométrico* (Vol. 24). Editorial Paidotribo.

9. ANEXOS

9.1 Anexo de originalidad

ANEXO IX
DECLARACIÓN DE ORIGINALIDAD DEL TRABAJO FIN DE GRADO

Convocatoria Ordinaria

Convocatoria Extraordinaria

D./Dña. Xabier Zubizarreta Barroso, con nº de expediente 21624713 , declara ser el autor/a del TFG entregado. Cuyo texto y contenido es original, redactado y editado por el autor expresamente para el trabajo en cuestión. Y que todas las fuentes y/o textos ajenos se encuentran debidamente citados.

Y para que así conste a todos los efectos.

Firma del estudiante



En Villaviciosa de Odón a 11 de febrero del 2022.