

## Dosis-respuesta del entrenamiento excéntrico para prevenir lesiones en isquiotibiales en futbolistas: una revisión sistemática con metaanálisis

### Dose-response of eccentric training to prevent hamstring injuries in soccer players: a systematic review with meta-analysis

\*Sebastián Eliseo Avila-Quintero, \*Sandra Helena Suescún-Carrero, \*Nelson Fernelly González-Cetina, \*\*Sofía Zapata-Gil, \*\*\*Diego Fernando Afanador-Restrepo

\*Universidad de Boyacá (Colombia), \*\*Fundación Universitaria del Área Andina (Colombia), \*\*\*Fundación Universitaria del Área Andina – Institución Universitaria Antonio José Camacho (Colombia)

**Resumen.** El alto nivel de exigencia del fútbol hace que la prevalencia de lesiones en la disciplina sea alta, con aproximadamente 8 lesiones por cada 1000 horas de juego. Es por esto que esta revisión sistemática con metaanálisis buscó determinar los efectos y dosis-respuesta del entrenamiento excéntrico sobre las lesiones de músculos isquiotibiales de jugadores de fútbol. Para ello, se realizaron búsquedas en diferentes bases de datos entre Junio y Octubre del 2023. Seleccionando únicamente ensayos clínicos controlados aleatorizados que incluyeran intervenciones con ejercicios nórdicos o excéntricos de isquiotibiales llevados a cabo en futbolistas. Se incluyeron 10 estudios para el análisis cualitativo y 9 para el análisis cuantitativo. La edad media de los participantes de los estudios incluidos fue  $22,03 \pm 3,1$  y osciló entre los 14,7 años y los 41 años. Al calcular el Odds ratio general se observó que el realizar ejercicios nórdicos como parte del calentamiento o posterior a los partidos disminuye significativamente la probabilidad de presentar lesiones (OR: 0,376; 95%IC: 0,241 – 0,586;  $p < 0,001$ ). Esta revisión sistemática con metaanálisis sugiere que los ejercicios nórdicos son efectivos para reducir la probabilidad de lesiones en futbolistas, independientemente del sexo, nivel de competencia, momento de realización de los ejercicios y dosis utilizada. No obstante, se observaron mejores resultados en futbolistas masculinos, especialmente los profesionales, cuando se realizan después del entrenamiento, con dosis de baja frecuencia (1 vez por semana), volúmenes elevados de trabajo ( $>30$  repeticiones/semana) y con una duración de la intervención superior a los 3 meses.

**Palabras clave:** Hamstring Muscles; Soccer; Exercise; Systematic Review

**Abstract.** The high demand in soccer leads to a high prevalence of injuries in the sport, with approximately 8 injuries per 1000 hours of play. Therefore, this systematic review with meta-analysis aimed to determine the effects and dose-response of eccentric training on hamstring injuries in soccer players. We searched various databases between June and October 2023 for this purpose. We selected only randomized controlled clinical trials that included interventions with Nordic or eccentric hamstring exercises performed by soccer players. Ten studies were included for qualitative analysis, and nine for quantitative analysis. The mean age of participants in the included studies was  $22.03 \pm 3.1$  years, ranging from 14.7 years to 41 years. When calculating the overall Odds ratio, it was observed that performing Nordic exercises as part of the warm-up or after matches significantly decreased the probability of injuries (OR: 0.376; 95% CI: 0.241 - 0.586;  $p < 0.001$ ). This systematic review with meta-analysis suggests that Nordic exercises are effective in reducing the likelihood of injury in soccer players, regardless of sex, level of competition, time of exercise, and dose used. However, better results were observed in male soccer players, especially professionals, when the exercises were performed after training, with low-frequency doses (1 time per week), high volumes of work ( $>30$  repetitions/week), and with an intervention duration longer than 3 months.

**Keywords:** Hamstring Muscles; Soccer; Exercise; Systematic Review

---

Fecha recepción: 29-02-24. Fecha de aceptación: 02-05-24

Diego Fernando Afanador-Restrepo

afanador807@gmail.com

## Introducción

El fútbol es una disciplina que requiere que los deportistas mantengan la mejor condición física posible, especialmente en términos de fuerza, velocidad y flexibilidad (Arribas-Romano, Gutiérrez-García, & Chena-Sinovas, 2019; Guerra, Flórez, & Bustamante, 2019; Raya-González, de Ste Croix, Read, & Castillo, 2020; Guevara et al. 2023) por lo que la investigación enfocada a este deporte es de particular importancia (Alfonso et al., 2018). Esta exigencia contribuye a una alta prevalencia de lesiones en el deporte, con 8 lesiones por cada 1000 horas de juego, siendo más frecuentes durante la competición que en el entrenamiento. Según el estudio más reciente de la FIFA, un jugador profesional tiende a sufrir aproximadamente 2 lesiones por temporada de competición,

lo que significa que un equipo con 25 jugadores podría experimentar en promedio 50 lesiones por temporada (Ekstrand, Hägglund, & Waldén, 2011). En cuanto al tiempo perdido, un equipo podría llegar a perder un total de 464.1 días de entrenamiento y competición debido a las lesiones de sus jugadores (Ruf et al., 2022). La lesión más común entre los futbolistas es la de los isquiotibiales, representando alrededor del 37% de todas las lesiones en este deporte. Además, estas lesiones tienden a ser recurrentes, con una tasa estimada de relesión entre el 12% y el 33%, lo que afecta la calidad del juego y prolonga los tiempos de recuperación (De Hoyos et al., 2013). En el caso de los atletas, el sistema muscular juega un papel vital, ya que es uno de los tejidos más propensos a sufrir lesiones debido al uso excesivo. En un adulto sano, aproximadamente el 40% de su peso corporal

está compuesto por tejido muscular, aunque este porcentaje suele ser mayor en los deportistas (Guerra et al., 2019). El fútbol se considera una disciplina deportiva de alto riesgo en términos de lesiones debido a las demandas físicas de velocidad, fuerza y flexibilidad que impone a los jugadores (Arribas et al., 2019). Según la evidencia actual, aproximadamente el 12% de una temporada de competición se pierde debido a las ausencias de los jugadores causadas por lesiones relacionadas con la práctica del fútbol (Ekstrand et al., 2011).

En el fútbol, es frecuente que los músculos isquiotibiales sufran lesiones, especialmente durante carreras prolongadas, donde la forma típica de lesión ocurre cuando la unión miotendinosa se estira en exceso (distensión muscular) (Woods et al., 2004). A medida que la velocidad de la carrera aumenta, las fuerzas que actúan sobre este grupo muscular también aumentan, haciéndolo más propenso a lesiones. Este mecanismo representa aproximadamente el 60% al 80% de las lesiones de los isquiotibiales y es más común durante la fase final del movimiento de oscilación o balanceo. Durante esta fase, las fibras musculares se contraen al máximo en respuesta al movimiento de extender la rodilla y flexionar la cadera para desacelerar el gesto. Diversas intervenciones se han propuesto para abordar este mecanismo de lesión, siendo una de las más costo-efectivas y respaldadas por evidencia el entrenamiento excéntrico de los isquiotibiales, también conocido como ejercicios nórdicos (Tumiñá-Ospina, Rivas-Campo, García-Garro, Gómez-Rodas, & Afanador, 2022; Paredes-Gómez & Potosí-Moya, 2023).

Este tipo de entrenamiento se enfoca especialmente en la fase excéntrica del movimiento, buscando la activación muscular con alargamiento de las fibras debido al distanciamiento de los puntos insercionales del músculo. Esto afecta el ángulo óptimo articular, definido como la posición articular donde se alcanza el pico máximo de momento de fuerza (Brockett, Morgan, & Proske, 2004). Al alterar el ángulo óptimo y disminuir la rigidez del tendón durante el movimiento pasivo, se aumenta el arco de movilidad articular activo (Kellis & Blazevich, 2022), previniendo así lesiones asociadas a la rigidez de la unión miotendinosa, especialmente durante la carrera (Woods et al., 2004).

El entrenamiento excéntrico de los músculos isquiotibiales se ha establecido como una estrategia altamente efectiva y rentable para prevenir este tipo de lesiones (Krist, van Beijsterveldt, Backx, & de Wit, 2013). La evidencia respalda que este tipo de entrenamiento aumenta tanto la longitud como la fuerza del fascículo, contribuyendo al desarrollo adecuado de la práctica deportiva (Ishoi et al., 2018). Además, se ha demostrado que el entrenamiento excéntrico ayuda a mejorar el rango de movimiento de flexión de cadera, lo que puede resultar en una mayor capacidad de los músculos para tolerar el estiramiento (Vatovec, Marušič, Marković, & Šarabon, 2021). Sin embargo, los protocolos actuales de prevención de lesiones en los isquiotibiales, como el programa

FIFA 11, emplean diversas estrategias que incluyen diferentes tipos de ejercicios, incluyendo los ejercicios nórdicos, generando cierta confusión respecto a los efectos reales de estos ejercicios (Asgari, Schmidt, Terschluse, Sueck, & Jaitner, 2023).

Aunque hay autores que han realizado revisiones sistemáticas, estas se han centrado en evaluar los efectos de los ejercicios excéntricos combinados con otras intervenciones (Al Attar, Soomro, Sinclair, Pappas, & Sanders, 2017; Goode et al., 2015; Tumiñá-Ospina et al., 2022). Hasta la fecha, no conocemos ninguna revisión sistemática o estudio que se haya centrado en la dosis-respuesta. Por lo tanto, el objetivo general de esta revisión sistemática con metaanálisis es determinar los efectos y la dosis-respuesta del entrenamiento excéntrico sobre las lesiones de los músculos isquiotibiales en jugadores de fútbol.

## Metodología

Esta revisión sistemática tuvo como objetivo determinar los efectos y dosis-respuesta del entrenamiento excéntrico sobre las lesiones de músculos isquiotibiales de jugadores de fútbol. Para el desarrollo de la revisión, se consideraron los protocolos descritos en la declaración PRISMA 2020 (Page et al., 2021) se registró el protocolo preespecificado en PROSPERO (CRD42023448644). Además, nos adherimos a las recomendaciones metodológicas presentadas en el "Manual Cochrane para la Elaboración de Revisiones Sistemáticas de Intervenciones" (Higgins, 2011).

## Fuentes de información

Se realizó una búsqueda en diferentes bases de datos (PubMed MEDLINE, Scopus y Web of Science) entre Junio y Octubre del 2023.

## Estrategia de búsqueda

Los descriptores adaptados a cada base de datos fueron: Hamstring injuries; Eccentric exercise; Nordic exercise; Soccer Players; Injuries prevention a través de la siguiente estrategia de búsqueda: ("Hamstring Injuries" OR "Hamstring Strain" OR "Hamstring Muscles") AND ("Eccentric Exercise" OR "Nordic Hamstring Exercise" OR "Eccentric Training" OR "Eccentric exercise" OR "Strength Training" OR "Nordic exercise" OR "exercise") AND ("Prevention" OR "Prevent" OR "Injuries Prevention" OR "Injury prevalence") AND ("Soccer" OR "Soccer Athletes" OR "Soccer Players" OR "Football").

## Criterios de Inclusión y Exclusión

Para esta revisión se tendrán en cuenta ensayos clínicos controlados aleatorizados realizados en jugadores de fútbol sin importar la categoría de competición, rango etario, sexo, año de publicación o idioma. Los estudios que se incluyan

deberán haber realizado una intervención que incluya los ejercicios nórdicos o ejercicios excéntricos de isquiotibiales. Se excluyeron aquellos estudios que no fue posible obtener el texto completo, que pertenecen a la literatura gris o que correspondan a análisis secundarios de la información

### **Selección de los Estudios y Extracción de Datos**

Dos revisores cegados (SHSC-SEAQ) llevaron a cabo de manera independiente las búsquedas electrónicas (identificación y detección). Estos mismos dos autores evaluaron los resúmenes y el texto completo para la elegibilidad e inclusión en el estudio utilizando la herramienta Rayyan. Aunque no hubo desacuerdo entre los revisores, en caso de haberse presentado alguno se darían solución con la participación de un tercer autor (NFGC). Una vez se obtuvieron los estudios a incluir, tres autores independientes (SHSC-SEAQ-DFAR) extrajeron las características específicas de cada estudio, que fueron registradas en una hoja de cálculo electrónica en Excel. Las características incluyeron datos sobre los autores, fecha y país de publicación de los artículos, así como características propias de la población, como la edad, el sexo y el nivel de competición. También se registró la incidencia de lesiones, reportada como el número de lesiones por horas de juego. Además, se tuvieron en cuenta variables como la fuerza, medida a través de dinamometría u otros métodos de estimación. Se realizó un análisis por subgrupos según las variables de la prescripción del ejercicio establecidas por el principio FITT-PV: Frecuencia, Intensidad, Tipo, Tiempo y Progresión, siempre que se reportaran. El proceso de selección de los estudios se mostró a través del diagrama de flujo de acuerdo con la declaración de PRISMA (Page et al., 2021).

### **Evaluación de la Calidad Metodológica de los Estudios**

La calidad metodológica se evaluará a través de la Escala de PEDro. Las puntuaciones fueron consultadas en línea siempre que estuvieran disponibles. Cuando no sea el caso dos autores (SEAQ-DFAR) realizaron la evaluación de la calidad metodológica de los estudios incluidos de manera independiente, los desacuerdos entre los revisores se resolvieron por consenso y con la participación de un tercer autor (SHSC). La escala de PEDro está compuesta por once ítems los cuales evalúan la validez interna y externa y el soporte estadístico de la publicación (de Morton, 2009). El primer ítem es el único que comprende la validez externa y no está contemplado en la sumatoria final. Cada uno de los restantes ítems se evaluaron asignando una puntuación de cero a uno, según aparezca (uno) o no (cero) dentro de la publicación. Los ítems del segundo al onceavo fueron considerados para la puntuación general, siendo posible una puntuación mínima de cero y máxima de diez puntos. Una puntuación entre 0 y 3 se considerará como “pobre” calidad; entre 4–5

“Justa”, 6–8 “Buena” y >9 “Excelente”.

### **Análisis Estadístico**

La heterogeneidad entre los estudios se analizó mediante la prueba Q de Cochran y se evaluó cuantitativamente con la estadística del índice de heterogeneidad al cuadrado ( $I^2$ ) con un IC del 95%. La heterogeneidad entre los estudios se clasificará como baja, moderada y alta cuando los valores de  $I^2$  se encuentren por debajo del 25 %, entre el 25 y el 75 % y por encima del 75 %, respectivamente (Higgins, Thompson, Deeks, & Altman, 2003). Se empleará un modelo de efectos fijos o aleatorios según resulte la heterogeneidad y la variabilidad. Se utilizaron gráficos en embudo (funnel plots) para evaluar el posible sesgo de publicación y la asimetría se evaluará mediante el método de Egger con un valor de  $p < 0,05$  que indica un sesgo significativo.

Adicionalmente, se realizaron una serie de análisis por sub-grupos utilizando como variables moderadoras la duración, la frecuencia y el volumen de las intervenciones realizadas para determinar la dosis-respuesta. El metaanálisis se llevó a cabo con el programa estadístico comprehensive meta-analysis V4.

### **Resultados**

Como se muestra en la figura 1, inicialmente se identificaron 326 artículos, de los cuales 109 fueron eliminados por duplicados en las bases de datos. De los 217 artículos restantes, 182 no cumplieron los criterios de selección por título y resumen. De los 35 artículos 2 fueron imposibles de recuperar en las bases de datos y contactando a los autores, dando un tiempo de espera de 2 semanas para la respuesta, quedando 33 artículos de los cuales 23 fueron excluidos en la revisión de texto completo. Al final fueron incluidos 10 artículos para el análisis cualitativo (Cadu, Goreau, & Lacourpaille, 2022; Chebbi, Chamari, Van Dyk, Gabbett, & Tabben, 2022; Elerian, El-Sayyad, & Dorgham, 2019; Espinosa et al., 2015; Hasebe et al., 2020; Lovell et al., 2018; Petersen, Thorborg, Nielsen, Budtz-Jørgensen, & Hölmich, 2011; Soligard et al., 2008; van der Horst, Smits, Petersen, Goedhart, & Backx, 2015; Whalan, Lovell, Steele, & Sampson, 2019) y 9 para el análisis (Cadu et al., 2022; Chebbi et al., 2022; Elerian et al., 2019; Espinosa et al., 2015; Hasebe et al., 2020; Petersen et al., 2011; Soligard et al., 2008; van der Horst et al., 2015; Whalan et al., 2019).

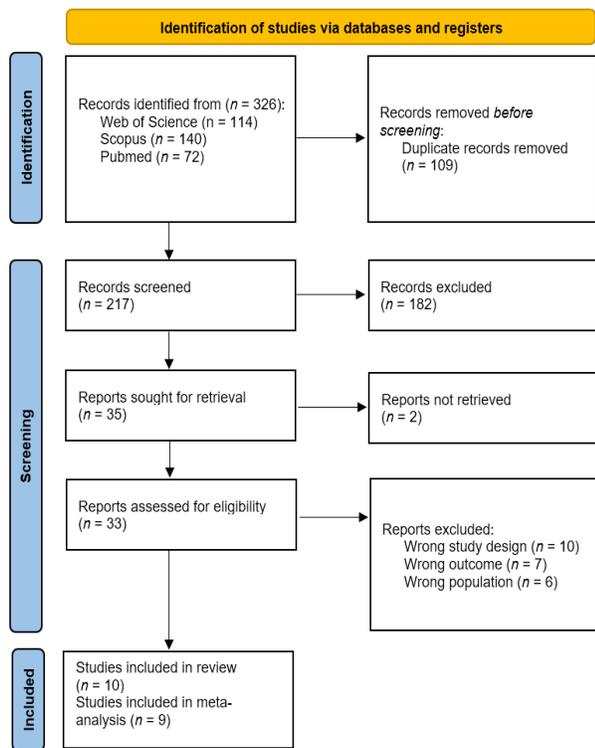


Figura 1. Diagrama de flujo del proceso de selección de los estudios según PRISMA

### Calidad metodológica de los estudios incluidos

Los estudios incluidos en esta revisión sistemática con metaanálisis fueron sometidos a una evaluación de la calidad metodológica haciendo uso del instrumento PEDro. De los 10 artículos incluidos 6 evaluaciones (Hasebe et al., 2020; Lovell et al., 2018; Petersen et al., 2011; Soligard et al., 2008; van der Horst et al., 2015; Whalan et al., 2019) fueron obtenidas en la plataforma web de PEDro, mientras que 4 (Cadu et al., 2022; Chebbi et al., 2022; Elerian et al., 2019; Espinosa et al., 2015) fueron evaluados manualmente. Los artículos presentaron una puntuación que osciló entre 3 y 7 puntos, clasificándolos como pobre (Lovell et al., 2018), justo (Cadu et al., 2022; Espinosa et al., 2015; Soligard et al., 2008; van der Horst et al., 2015; Whalan et al., 2019) y bueno (Chebbi et al., 2022; Elerian et al., 2019; Hasebe et al., 2020; Petersen et al., 2011). Ningún estudio obtuvo una clasificación de excelente ( $\geq 9$  puntos en PEDro). El único estudio que cegó a los participantes fue el de Espinosa et al (Espinosa et al., 2015), mientras que ningún estudio se siguió a los terapeutas. Información detallada de la evaluación de la calidad metodológica puede ser encontrada en la Tabla 1.

Tabla 1.

Características de los estudios

| Autor y año de publicación                    | Nivel de competencia   | Sexo      | Muestra GC/GI                       | Grupo Control            | Edad               | Grupo Intervención  |   |  | Resultados |
|---|------------------------|-----------|-------------------------------------|--------------------------|--------------------|---|---|--|------------|
|   |                        |           |                                     |                          |                    | Intervención  | Parámetros de la intervención   |  |            |
| Chebbi et al., 2020 (Chebbi et al., 2022)     | Fútbol profesional     | Masculino | GC: 22<br>GI: 135                   | Entrenamiento Habitual   | 18 - 41            | Entrenamiento Nórdico pre-entreno + Entrenamiento Habitual  | P: 10 semanas<br>V: 30 reps<br>D: Toda la temporada<br>F: NR<br>S: 36 sesiones                          | Implementar un programa de prevención de lesiones en los isquiotibiales tiene un efecto positivo en la tasa de lesiones en un equipo de fútbol; sin embargo, la adherencia de los jugadores a tales intervenciones es crucial para su éxito.                           |            |
| Lovell et al., 2017 (Lovell et al., 2018)     | Fútbol sub-profesional | Masculino | GC: 11<br>GI Pre: 10<br>GI Post: 14 | Datos previos del equipo | 23,6 ± 4,7         | GI1:<br>Entrenamiento Nórdico pre-entreno + Entrenamiento Habitual<br><br>GI2:<br>Entrenamiento Habitual + Entrenamiento Nórdico post-entreno | P: 12 semanas<br>V: 96 reps/semana<br>D: 12 semanas<br>F: 2/semana<br>S: 24 sesiones                    | Un programa de fortalecimiento excéntrico de los isquiotibiales durante 12 semanas aumentó la fuerza y la actividad electromiográfica superficial en una magnitud similar, independientemente de su programación en relación con la sesión de entrenamiento de fútbol. |            |
| Cadu et al., 2023 (Cadu et al., 2022)         | Fútbol profesional     | Masculino | GC: 23<br>GI: 23                    | Entrenamiento Habitual   | 25,6 ± 3,5         | Ejercicios nórdicos post-partido  | P: NR<br>V: 3 reps/semana<br>D: 21 semanas<br>F: 1/semana<br>S: 21 sesiones                             | Un programa de 21 semanas de dosis bajas de ejercicios nórdicos demostró tener efecto sobre la fuerza excéntrica y el riesgo de lesión.  |            |
| Whalan et al., 2019 (Whalan et al., 2019)     | Fútbol sub-profesional | Masculino | GC: 398<br>GI: 408                  | Programa FIFA 11+        | 23,8 [23,0 - 24,7] | Entrenamiento Nórdico pre-entreno   | P: 6 semanas<br>V: 20 reps/semana<br>D: Temporada competitiva completa<br>F: 2/Semana<br>S: 68 sesiones | La reorganización del plan FIFA 11+ ubicando los ejercicios nórdicos pre-entreno tiene los mismos efectos que cuando se hace post-entreno, sin embargo se alcanza una mayor adherencia cuando se hace antes del entrenamiento.   |            |
| Soligard et al., 2008 (Soligard et al., 2008) | Fútbol sub-profesional | Femenino  | GC: 837<br>GI: 1055                 | Entrenamiento Habitual   | 15,4 ± 0,7         | Entrenamiento Nórdico + 2 ejercicios de calentamiento   | P: Sin progresión<br>V: 24 reps/semana<br>D: 8 meses<br>F: 2/semana                                     | Aunque el resultado primario de reducción de lesiones en las extremidades inferiores no alcanzó significación.   |            |

|   |                        |           |                    |                          |              |   |  |   |
|---|------------------------|-----------|--------------------|--------------------------|--------------|---|--|---|
|   |                        |           |                    |                          |              |   | S: 64 sesiones   | ción, el riesgo de lesiones graves, lesiones por sobreuso y lesiones en general. reducido   |
| Hasebe et al., 2020 (Hasebe et al., 2020)               | Fútbol sub-profesional | Masculino | GC: 103<br>GI: 156 | Entrenamiento Habitual   | 16,50 ± 0,55 | Entrenamiento Habitual + Entrenamiento Nórdico post-entreno   | P: 14 semanas<br>V: 54 reps/semana<br>D: 27 semanas<br>F: 2/semana<br>S: 54 sesiones | El ejercicio nórdico para isquiotibiales en jugadores de fútbol de secundaria redujo significativamente la gravedad de las lesiones de isquiotibiales en comparación con el grupo control.                    |
| Elerian et al., 2019 (Elerian et al., 2019)             | Fútbol sub-profesional | Masculino | GC: 17<br>GI: 17   | Datos previos del equipo | 24,35 ± 3,80 | Entrenamiento Nórdico pre-entreno + Entrenamiento Habitual<br>GI2:<br>Entrenamiento Habitual + Entrenamiento Nórdico post-entreno | P: 12 semanas<br>V: 96 reps/semana<br>D: 12 semanas<br>F: 2/semana<br>D: 24 sesiones | El uso de ejercicios nórdicos como protocolo de prevención fue eficaz en la reducción de todas las lesiones de isquiotibiales,  |
| Espinosa et al. 2015 (Espinosa et al., 2015)            | Fútbol profesional     | Femenino  | GC: 21<br>GI: 22   | Entrenamiento Habitual   | 21,33 ± 3,00 | Entrenamiento excéntrico con banda + ejercicios nórdicos pre-entreno  | P: 14 semanas<br>V: 5 reps/semana<br>D: 21 semanas<br>F: 2/semana<br>S: 42 sesiones  | Los resultados observados sugieren que un sencillo programa de ejercicios excéntricos podría reducir el riesgo de sufrir una distensión de isquiotibiales.  |
| Petersen et al., 2011 (Petersen et al., 2011)           | Fútbol sub-profesional | Masculino | GC: 481<br>GI: 461 | Entrenamiento Habitual   | 23,25 ± 4,00 | Entrenamiento Nórdico pre-entreno + Entrenamiento Habitual  | P: 10 semanas<br>V: 60 reps/semana<br>D: 10 semanas<br>F: 2/semana<br>S: 20 sesiones | En futbolistas profesionales y amateurs de sexo masculino, el ejercicio excéntrico adicional de los isquiotibiales disminuyó la tasa de lesiones isquiotibiales agudas generales, nuevas y recurrentes        |
| van der Horst et al., 2015 (van der Horst et al., 2015) | Fútbol sub-profesional | Masculino | GC: 287<br>GI: 292 | Entrenamiento Habitual   | 24,50 ± 3,80 | Entrenamiento Nórdico pre-entreno + Entrenamiento Habitual  | P: 6 semanas<br>V: 54 reps/semana<br>D: 13 semanas<br>F: 2/semana<br>S: 26 sesiones  | La incorporación del protocolo de ejercicios nórdicos al entrenamiento regular de aficionados reduce significativamente la incidencia de lesiones de isquiotibiales, pero no reduce la gravedad de las mismas |

GC: Grupo control; GI: Grupo intervención; P: Progresión; V: Volumen; D: Duración; F: Frecuencia; S: Sesiones NR: No reportado; Reps: Repeticiones

### Características de los estudios incluidos

Los ensayos clínicos que fueron incluidos en esta revisión sistemática fueron publicados entre el 2008 y el 2023. Estos estudios tuvieron lugar en Australia (Lovell et al., 2018; Whalan et al., 2019), Qatar (Chebbi et al., 2022), Francia (Cadu et al., 2022), Noruega (Soligard et al., 2008), Japón (Hasebe et al., 2020), Egipto (Elerian et al., 2019), España (Espinosa et al., 2015), Dinamarca (Petersen et al., 2011) y Holanda (van der Horst et al., 2015). Todos los estudios realizaron una intervención enfocada a la prevención de lesiones en jugadores de fútbol que incluyera ejercicios nórdicos. Seis estudios (Chebbi et al., 2022; Espinosa et al., 2015; Petersen et al., 2011; Soligard et al., 2008; van der Horst et al., 2015; Whalan et al., 2019) realizaron la intervención justo antes del entreno habitual, dos (Cadu et al., 2022; Hasebe et al., 2020) lo hicieron posterior a este mientras que dos estudios (Elerian et al., 2019; Lovell et al., 2018) hicieron la comparativa con un diseño experimental de 3 colas, donde se incluyó un grupo para determinar el efecto de la intervención antes del entreno, otra cola para los efectos posterior al entreno y una tercera como grupo control. De los 10 estudios incluidos, 8 incluyeron solo jugadores de fútbol masculinos (Cadu et al., 2022; Chebbi et al., 2022; Elerian et al., 2019; Hasebe et al., 2020; Lovell et al., 2018; Petersen et al., 2011; van der Horst et al., 2015; Whalan et al., 2019) y 2 (Espinosa et al., 2015;

Soligard et al., 2008) incluyeron solo jugadoras de fútbol. Los niveles de competencia que fueron incluidos fueron jugadores profesionales (Cadu et al., 2022; Chebbi et al., 2022; Espinosa et al., 2015) y sub-profesional o amateur (Elerian et al., 2019; Hasebe et al., 2020; Lovell et al., 2018; Petersen et al., 2011; Soligard et al., 2008; van der Horst et al., 2015; Whalan et al., 2019). La edad media de los participantes de los estudios incluidos fue  $22,03 \pm 3,1$  y osciló entre los 14,7 años y los 41 años.

En cuanto al volumen de los ejercicios, si bien todos los estudios utilizaron un aumento progresivo de la carga, en tres (Chebbi et al., 2022; Petersen et al., 2011; van der Horst et al., 2015) de ellos se realizó siguiendo un protocolo de aumento de la carga previamente publicado por Petersen et al. (Petersen et al., 2011). Adicionalmente, Hasebe et al. (Hasebe et al., 2020) se basó en este protocolo pero aumento la carga final del entrenamiento al incrementar el número de semanas de intervención y permitiéndole realizar la progresión de manera más escalonada. En el caso Elerian et al (Elerian et al., 2019) el protocolo se basó en el de Lovell et al (Lovell et al., 2018), donde la intervención duró 12 semanas, oscilando el número de repeticiones entre 1 repetición en la semana 1 hasta 96 en la semana 12. En contraste a los estudios mencionados previamente que emplearon volúmenes altos de ejercicios nórdicos, Cadu et al (Cadu et al., 2022), Soligard et al (Soligard et al., 2008) y Espinosa et al (Espinosa et al.,

2015) utilizaron volúmenes bajos de esta intervención, siendo 3 repeticiones, 12 repeticiones y 5 repeticiones respectivamente. Por último, Whalan et al (Whalan et al., 2019) modificó el protocolo de FIFA11+ que incluye 3 fases y empleó la 2da fase pre-entreno en la cual los deportistas debieron realizar 7 repeticiones. Finalmente, el número de sesiones que realizaron los participantes osciló entre 23 hasta 109 sesiones con una frecuencia de 1 vez por semana (Cadu et al., 2022; Chebbi et al., 2022), dos veces por semana (Elerian et al., 2019; Hasebe et al., 2020; Lovell et al., 2018; Soligard et al., 2008; van der Horst et al., 2015; Whalan et al., 2019) e incluso 3 veces por semana (Petersen et al., 2011). Esta información se encuentra consolidada en la tabla 2.

Tabla 2.

Calidad metodológica de los artículos incluidos

| Autor y año de publicación                              | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | 10 | 11 | Total |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|----|----|-------|
| Chebbi et al., 2020 (Chebbi et al., 2022)               | 1 | 1 | 1 | 1 | 0 | 0 | 0 | 1 | 1 | 1  | 1  | 7     |
| Lovell et al., 2017 (Lovell et al., 2018)               | 1 | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 1  | 1  | 3     |
| Cadu et al., 2023 (Cadu et al., 2022)                   | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 1 | 0 | 1 | 1  | 1  | 4     |
| Whalan et al., 2019 (Whalan et al., 2019)               | 1 | 1 | 0 | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 1  | 1  | 4     |
| Soligard et al., 2008 (Soligard et al., 2008)           | 1 | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | 1 | 0 | 1 | 1  | 1  | 5     |
| Hasebe et al., 2020 (Hasebe et al., 2020)               | 1 | 1 | 1 | 0 | 0 | 0 | 1 | 0 | 1 | 1  | 1  | 6     |
| Elerian et al., 2019 (Elerian et al., 2019)             | 1 | 1 | 1 | 1 | 0 | 0 | 0 | 1 | 1 | 1  | 1  | 7     |
| Espinosa et al., 2015 (Espinosa et al., 2015)           | 1 | 1 | 0 | 1 | 1 | 0 | 0 | 0 | 1 | 1  | 1  | 6     |
| Petersen et al., 2011 (Petersen et al., 2011)           | 0 | 1 | 1 | 1 | 0 | 0 | 0 | 1 | 0 | 1  | 1  | 6     |
| van der Horst et al., 2015 (van der Horst et al., 2015) | 1 | 1 | 0 | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | 1 | 1  | 1  | 5     |

Elementos: 1: criterios de elegibilidad; 2: asignación aleatoria; 3: asignación oculta; 4: comparabilidad basal; 5: sujetos ciegos; 6: terapeutas ciegos; 7: evaluadores ciegos; 8: seguimiento adecuado; 9: análisis por intención de tratar; 10: comparaciones entre grupos; 11: estimaciones puntuales y variabilidad; Cumple: 1; No cumple: 0

### Metaanálisis

En el metaanálisis se incluyeron 9 estudios, solo Lovell et al (Lovell et al., 2018) fue excluido debido a la baja calidad metodológica y el alto riesgo de sesgo presentado. Optamos por utilizar el modelo ajustado debido a la alta heterogeneidad y variabilidad presenta por el modelo aleatorio (Q-valor: 26,236; I<sup>2</sup>: 66%). Al calcular el Odds ratio general se observa que el realizar ejercicios nórdicos como parte del calentamiento o posterior a los partidos disminuye significativamente la probabilidad de presentar lesiones (OR: 0,376; 95%IC: 0,241 – 0,586;  $p < 0,001$ ) (Figura 2). Adicionalmente se realizaron diferentes análisis por subgrupos utilizando como variables moderadoras el sexo de los participantes, el nivel de dtfifncia, el momento de realización de la intervención (pre o post-entreno) y el volumen, la frecuencia de entrenamiento y la duración de la intervención para estimar la dosis-respuesta óptima de los ejercicios nórdicos.

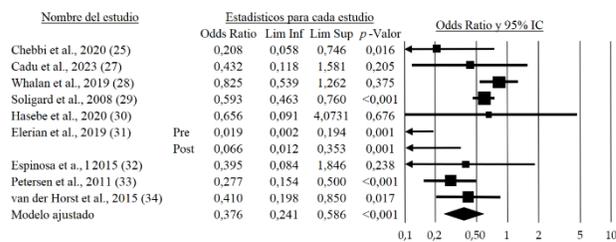


Figura 2. Diagrama de bosque del Odds ratio medio calculado con modelo ajustado de la probabilidad de presentar lesiones (Elaboración propia)

### Sexo

Si bien para ambos sexos la intervención es significativa se observó que para en los hombres la probabilidad de presentar una lesión se redujo más que en las mujeres (Hombres, OR: 0,454; 95%IC: 0,341 – 0,604,  $p < 0,001$  Vs. Mujeres, OR: 0,587; 95%IC: 0,460 – 0,750,  $p = 0,004$ ).

### Nivel de competencia

De la misma manera que con el sexo, al comparar por nivel de competencia la intervención fue significativa para profesionales y no profesionales, sin embargo, en el caso de los primeros la probabilidad de lesión fue más bajo (OR: 0,321; 95%IC: 0,146 – 0,702,  $p < 0,001$ ) comparado con los no profesionales (OR: 0,542; 95%IC: 0,448 – 0,656,  $p < 0,001$ ).

### Momento de realización de la intervención

En el caso del momento de realización de la intervención se observa que la probabilidad de lesiones de isquiotibiales cuando se realizan los ejercicios nórdicos posterior al entrenamiento es mucho menor (OR: 0,271; 95%IC: 0,109 – 0,674,  $p < 0,005$ ) que cuando se realiza previo a este (OR: 0,542; 95%IC: 0,448 – 0,655,  $p < 0,001$ ).

### Dosis-Respuesta

Al realizar el análisis por subgrupos se observó que una frecuencia baja (1 vez por semana) reducía más la probabilidad de lesión (OR: 0,298; 95%IC: 0,120 – 0,740,  $p = 0,009$ ) que una frecuencia moderada (2 a 3 veces por semana) (OR: 0,540; 95%IC: 0,446 – 0,652,  $p < 0,001$ ). En contraste, volúmenes altos (>30 repeticiones/semana) de ejercicios nórdicos fueron mejores (OR: 0,275; 95%IC: 0,180 – 0,420,  $p < 0,001$ ) que volúmenes bajos (<30 repeticiones/semana) para reducir la probabilidad de presentar lesiones (OR: 0,614; 95%IC: 0,500 – 0,755,  $p < 0,001$ ). Finalmente, cuando las intervenciones fueron de alta duración (>42 sesiones o >3 meses) se observó que la probabilidad de lesionarse era mucho menor (OR: 0,645; 95%IC: 0,521 – 0,798,  $p < 0,001$ ) que cuando las intervenciones fueron cortas (<42 sesiones o <3 meses) (OR: 0,276; 95%IC: 0,189 – 0,403,  $p < 0,001$ ).

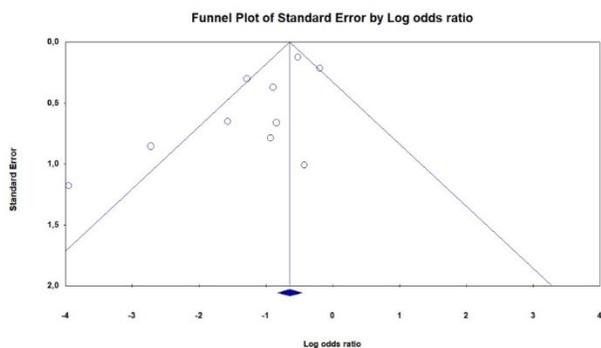


Figura 3. Diagrama de embudo del riesgo de sesgo de publicación (Elaboración propia)

### Riesgo de sesgo de publicación

Posterior al análisis gráfico del diagrama de embudo (Figura 3) se pudo descartar un posible riesgo de publicación debido a la simetría evidenciada en la distribución del gráfico.

### Discusión

El objetivo de este estudio fue determinar los efectos y dosis-respuesta del entrenamiento excéntrico sobre las lesiones de músculos isquiotibiales de jugadores de fútbol. Los resultados de esta revisión sistemática con metaanálisis permiten inferir que los ejercicios nórdicos son efectivos para disminuir la probabilidad de presentar lesiones independientemente del sexo, del nivel de competencia o del momento de realización de la intervención. Sin embargo, se observaron mejores resultados cuando se realizaba en futbolistas masculinos, profesionales y posterior al entrenamiento. Adicionalmente, se estimó que la dosis óptima se encuentra al realizar la intervención con una baja frecuencia (1 vez por semana), con volúmenes altos de trabajo (>30 repeticiones/semana) y con una duración de la intervención superior a los 3 meses o a las 42 sesiones.

En relación con la calidad metodológica, observamos que varió entre "Justa" (Cadu et al., 2022; Espinosa et al., 2015; Soligard et al., 2008; van der Horst et al., 2015; Whalan et al., 2019) y "Buena" (Chebbi et al., 2022; Elerian et al., 2019; Hasebe et al., 2020; Petersen et al., 2011); sin embargo, uno de los artículos (Lovell et al., 2018) presentó una calidad "Pobre". El hecho de que ninguno de los artículos haya realizado un cegamiento de los terapeutas y que solo uno (Espinosa et al., 2015) haya cegado a los participantes podría explicarse a partir de la naturaleza de la intervención, ya que este es un problema común que se ha informado en otras revisiones sistemáticas relacionadas con la realización de intervenciones basadas en ejercicio (de Labra, Guimaraes-Pinheiro, Maseda, Lorenzo, & Millán-Calenti, 2015; Peres et al., 2017). Además, siete de los artículos (Cadu et al., 2022; Espinosa et al., 2015; Lovell et al., 2018; Petersen et al., 2011; Soligard et al., 2008; van der Horst et al., 2015; Whalan et al., 2019) no llevaron a cabo una asignación oculta, siendo estos aspectos metodológicos los que más comúnmente son ignorados, haciendo que los estudios tiendan a reportar efectos inexactos

cuando se comparan con otros ensayos clínicos que si los contemplan (Savović et al., 2012). La literatura establece que aquellos artículos que presentan una mejor calidad metodológica tienden a generar resultados más sólidos (Guyatt et al., 2008), sin embargo, esto no es motivo suficiente para desechar los hallazgos de los demás estudios.

Al comparar los resultados de los diferentes estudios, se observó que realizar ejercicios nórdicos reduce la probabilidad de presentar lesiones de isquiotibiales, esto se debe principalmente a que los ejercicios nórdicos generan una mejora significativa en la fuerza de flexión de la rodilla a partir de los isquiotibiales (Mjølsnes, Arnason, Østhagen, Raastad, & Bahr, 2004), lo que se refleja en una mejoría en el rendimiento durante la carrera (Suarez-Arrones et al., 2018). Además, provocan un aumento en la longitud de la cabeza larga del bíceps femoral (Bourne et al., 2017). Estos efectos tienen un impacto directo en los mecanismos de lesión que se observan en los jugadores de fútbol, ya que las lesiones suelen ocurrir en la fase final del balanceo, cuando el miembro inferior se desacelera (Arnason, Andersen, Holme, Engebretsen, & Bahr, 2008; Askling, Karlsson, & Thorstensson, 2003). Al aumentar la longitud de la cabeza larga del bíceps femoral, se mejora la fase excéntrica, lo que permite afrontar de manera más efectiva las diversas fuerzas generadas durante la carrera y los cambios de dirección lo que se traduce en una disminución en la incidencia de lesiones en el fútbol (Van Hooren & Bosch, 2017). Considerando los cambios musculares mencionados previamente y su relación con la disminución de la probabilidad de lesión es posible entender por qué frecuencias medias, con altos volúmenes de trabajo y largas duraciones obtienen los mejores resultados. Según la teoría celular, los cambios en la longitud óptima del músculo que se produce al realizar ejercicios excéntricos se alcanzan después de 18 días de entrenamiento con volúmenes altos (Brockett, Morgan, & Proske, 2001; Proske, Morgan, Brockett, & Percival, 2004), adicionalmente, al ser jugadores de fútbol con temporadas competitivas de entre 8 a 10 meses, las intervenciones prolongadas les permiten alcanzar el principio de estabilidad de la adaptación, que establece que cuanto mayor sea el período de tiempo de entrenamiento, más estabilidad creará y menos susceptibilidad al fracaso presentará (Weineck, 1985).

Existen aún muchos retos en el campo de la medicina deportiva; si bien esta revisión sistemática propone una posible dosificación del ejercicio, esta debe ser implementada y probada en futuros estudios para asegurar su efectividad, contemplando las múltiples problemáticas asociadas a la prescripción de planes preventivos en el fútbol existentes, entre las cuales destacan los problemas de comunicación entre el equipo técnico y médico, los vacíos en la evidencia científica para respaldar los protocolos y, por último, la adherencia y cumplimiento de los planes (Tumiñá-Ospina et al., 2022). Finalmente, teniendo en cuenta que las lesiones generan un deterioro significativo del rendimiento deportivo, reflejado en que

aproximadamente solo la mitad de los atletas que sufren una lesión en las extremidades inferiores retoman su nivel deportivo previo al evento lesivo; surge la necesidad de abordar los desafíos existentes en la toma de decisiones deportivas, que permita desarrollar planes preventivos efectivos que propendan por el retorno al rendimiento óptimo con procesos de rehabilitación multidimensional (Vereijken et al., 2020).

Esta revisión sistemática con metaanálisis presenta diferentes limitaciones. La más importante de todas es el sesgo geográfico observado, ya que los estudios fueron desarrollados principalmente en Europa y, en menor medida, en Asia y África, lo que deja de lado las Américas haciendo necesario desarrollar estudios experimentales con estas poblaciones para determinar si los resultados son extrapolables. Adicionalmente, la heterogeneidad y ambigüedad con que fueron presentadas las actividades llevadas a cabo por los grupos control dificulta la tarea de determinar posibles variables confusoras que puedan alterar los resultados de la intervención como es el caso de los tiempos de trabajo y descanso, los cuales juegan un rol fundamental en los entrenamientos de intensidades máximas y sub-máximas como es el caso de los ejercicios excéntricos.

## Conclusiones

Esta revisión sistemática con metaanálisis sugiere que los ejercicios nórdicos son efectivos para reducir la probabilidad de lesiones en futbolistas, independientemente del sexo, nivel de competencia, momento de realización de los ejercicios y dosis utilizada. No obstante, se observan resultados más destacados en futbolistas masculinos, especialmente los profesionales, cuando se realizan después del entrenamiento, con dosis de baja frecuencia (1 vez por semana), volúmenes elevados de trabajo (>30 repeticiones/semana) y con una duración de la intervención superior a los 3 meses.

Es importante señalar que los resultados de esta revisión pueden tener un sesgo geográfico, ya que no se encontraron estudios desarrollados en las Américas. Por lo tanto, se debe interpretar la información con precaución. Además, ninguno de los estudios mencionó los tiempos de trabajo y descanso entre ejercicios. La heterogeneidad y ambigüedad en la presentación de las actividades realizadas en los grupos de control complican la identificación de posibles variables confusoras que puedan afectar los resultados de las intervenciones.

## Referencias

- Al Attar, W. S. A., Soomro, N., Sinclair, P. J., Pappas, E., & Sanders, R. H. (2017). Effect of Injury Prevention Programs that Include the Nordic Hamstring Exercise on Hamstring Injury Rates in Soccer Players: A Systematic Review and Meta-Analysis. *Sports Med*, 47(5), 907-916. doi:10.1007/s40279-016-0638-2
- Arnason, A., Andersen, T. E., Holme, I., Engebretsen, L., & Bahr, R. (2008). Prevention of hamstring strains in elite soccer: an intervention study. *Scand J Med Sci Sports*, 18(1), 40-48. doi:10.1111/j.1600-0838.2006.00634.x
- Arribas-Romano, A., Gutiérrez-García, L., & Chena-Sinovas. (2019). Factores de riesgo de la lesión de isquiotibiales en fútbol: revisión sistemática. *MJ Revista de Preparación Física en el Fútbol*, 30 (1).
- Asgari, M., Schmidt, M., Terschluse, B., Sueck, M., & Jaitner, T. (2023). Acute effects of the FIFA11+ and Football+ warm-ups on motor performance. A crossover randomized controlled trial. *PLoS One*, 18(4), e0284702. doi:10.1371/journal.pone.0284702
- Askling, C., Karlsson, J., & Thorstensson, A. (2003). Hamstring injury occurrence in elite soccer players after preseason strength training with eccentric overload. *Scand J Med Sci Sports*, 13(4), 244-250. doi:10.1034/j.1600-0838.2003.00312.x
- Bourne, M. N., Duhig, S. J., Timmins, R. G., Williams, M. D., Opar, D. A., Al Najjar, A., . . . Shield, A. J. (2017). Impact of the Nordic hamstring and hip extension exercises on hamstring architecture and morphology: implications for injury prevention. *Br J Sports Med*, 51(5), 469-477. doi:10.1136/bjsports-2016-096130
- Brockett, C. L., Morgan, D. L., & Proske, U. (2001). Human hamstring muscles adapt to eccentric exercise by changing optimum length. *Med Sci Sports Exerc*, 33(5), 783-790. doi:10.1097/00005768-200105000-00017
- Brockett, C. L., Morgan, D. L., & Proske, U. (2004). Predicting hamstring strain injury in elite athletes. *Med Sci Sports Exerc*, 36(3), 379-387. doi:10.1249/01.mss.0000117165.75832.05
- Cadu, J. P., Goreau, V., & Lacourpaille, L. (2022). A Very Low Volume of Nordic Hamstring Exercise Increases Maximal Eccentric Strength and Reduces Hamstring Injury Rate in Professional Soccer Players. *J Sport Rehabil*, 31(8), 1061-1066. doi:10.1123/jsr.2021-0445
- Chebbi, S., Chamari, K., Van Dyk, N., Gabbett, T., & Tabben, M. (2022). Hamstring Injury Prevention for Elite Soccer Players: A Real-World Prevention Program Showing the Effect of Players' Compliance on the Outcome. *J Strength Cond Res*, 36(5), 1383-1388. doi:10.1519/jsc.0000000000003505
- De Hoyo, M., Naranjo-Orellana, J., Carrasco, L., Sañudo, B., Jiménez-Barroca, JJ., & 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.
- de Labra, C., Guimaraes-Pinheiro, C., Maseda, A., Lorenzo, T., & Millán-Calenti, J. C. (2015). Effects of physical exercise interventions in frail older adults: a systematic review of randomized controlled trials. *BMC Geriatrics*, 15(1), 154. doi:10.1186/s12877-015-0155-4
- de Morton, N. A. (2009). The PEDro scale is a valid measure of the methodological quality of clinical trials: a demographic study. *Aust J Physiother*, 55(2), 129-133. doi:10.1016/s0004-9514(09)70043-1
- Ekstrand, J., Häggglund, M., & Waldén, M. (2011). Injury incidence and injury patterns in professional football: the UEFA injury study. *Br J Sports Med*, 45(7), 553-558. doi:10.1136/bjsm.2009.060582
- Elerian, A. E., El-Sayyad, M. M., & Dorgham, H. A. A. (2019). Effect of Pre-training and Post-training Nordic Exercise on

- Hamstring Injury Prevention, Recurrence, and Severity in Soccer Players. *Ann Rehabil Med*, 43(4), 465-473. doi:10.5535/arm.2019.43.4.465
- Espinosa, G., Pöyhönen, T., Aramendi, J., Samaniego, J., Emparanza, J., & Kyröläinen, H. (2015). Effects of an eccentric training programme on hamstring strain injuries in women football players. *Biomedical Human Kinetics*, 7(1), 125–134. doi:10.1515/bhk-2015-0019
- Goode, A. P., Reiman, M. P., Harris, L., DeLisa, L., Kauffman, A., Beltramo, D., . . . Taylor, A. B. (2015). Eccentric training for prevention of hamstring injuries may depend on intervention compliance: a systematic review and meta-analysis. *Br J Sports Med*, 49(6), 349-356. doi:10.1136/bjsports-2014-093466
- Guerra, V., Flórez, G., & Bustamante, S. (2019). Ejercicio excéntrico para profilaxis de lesiones del musculo Isquiotibial en deportes que impliquen aceleración y desaceleración. *Revista de Investigación e Innovación en Ciencias de la Salud*, 1(2), 76-86.
- Guevara, V., Montalva, F., Andrades-Ramírez, O., Narrea, J., Flores, I., & Castillo, A. (2023). Fútbol y creatina, una revisión sistemática. *Retos. Nuevas tendencias en Educación Física, Deporte y Recreación*, 51(1), 763-770.
- Guyatt, G., Oxman, A., Kunz, R., Vist, G., Falck-Ytter, Y., & Schünemann, H. (2008). What is “quality of evidence” and why is it important to clinicians?. *BMJ*, 336(7651), 995-998.
- Hasebe, Y., Akasaka, K., Otsudo, T., Tachibana, Y., Hall, T., & Yamamoto, M. (2020). Effects of Nordic Hamstring Exercise on Hamstring Injuries in High School Soccer Players: A Randomized Controlled Trial. *Int J Sports Med*, 41(3), 154-160. doi:10.1055/a-1034-7854
- Higgins, JP (2011). Cochrane handbook for systematic reviews of interventions. Version 5.1. [updated March 2011]. The Cochrane Collaboration. Recuperado de: [www.cochrane-handbook.org](http://www.cochrane-handbook.org)
- Higgins, J., Thompson, S., Deeks, J., & Altman, D. (2003). Measuring inconsistency in meta-analyses. *BMJ*, 327(7414), 557-560.
- Ishøi, L., 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. *J Sports Sci*, 36(14), 1663-1672. doi:10.1080/02640414.2017.1409609
- Kellis, E., & Blazevich, A. J. (2022). Hamstrings force-length relationships and their implications for angle-specific joint torques: a narrative review. *BMC Sports Sci Med Rehabil*, 14(1), 166. doi:10.1186/s13102-022-00555-6
- Krist, M. R., van Beijsterveldt, A. M., Backx, F. J., & de Wit, G. A. (2013). Preventive exercises reduced injury-related costs among adult male amateur soccer players: a cluster-randomised trial. *J Physiother*, 59(1), 15-23. doi:10.1016/s1836-9553(13)70142-5
- 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? *Scand J Med Sci Sports*, 28(2), 658-666. doi:10.1111/sms.12925
- Mjølsnes, R., Arnason, A., Østhaugen, T., Raastad, T., & Bahr, R. (2004). A 10-week randomized trial comparing eccentric vs. concentric hamstring strength training in well-trained soccer players. *Scand J Med Sci Sports*, 14(5), 311-317. doi:10.1046/j.1600-0838.2003.367.x
- Alfonso M., Camargo, N., Cárdenas, P., Mora, J., Duarte, E., & Vasquez, L. (2018). Validación de un circuito que evalúa habilidades técnicas de fútbol. *Revista Investigación en Salud Universidad de Boyacá* 5(2), 246-258.
- Page, M. J., McKenzie, J. E., Bossuyt, P. M., Boutron, I., Hoffmann, T. C., Mulrow, C. D., . . . Moher, D. (2021). The PRISMA 2020 statement: an updated guideline for reporting systematic reviews. *BMJ*, 372, n71. doi:10.1136/bmj.n71
- Paredes-Gómez, R., & Potosí-Moya, V. (2023). Análisis del protocolo de curl nórdico de isquiotibiales en la flexibilidad de los deportistas. *Retos. Nuevas tendencias en Educación Física, Deporte y Recreación*, 48(1), 720-726.
- Peres, D., Sagawa, Y., Dugué, B., Domenech, S., Tordi, N., & Prati, C. (2017). The practice of physical activity and cryotherapy in rheumatoid arthritis: systematic review. *Eur J Phys Rehabil Med*, 53(5), 775-787.
- Petersen, J., Thorborg, K., Nielsen, M., Budtz-Jørgensen, E., & Hölmich, P. (2011). Preventive effect of eccentric training on acute hamstring injuries in men's soccer: a cluster-randomized controlled trial. *Am J Sports Med*, 39(11), 2296-2303. doi:10.1177/0363546511419277
- Proske, U., Morgan, D. L., Brockett, C. L., & Percival, P. (2004). Identifying athletes at risk of hamstring strains and how to protect them. *Clin Exp Pharmacol Physiol*, 31(8), 546-550. doi:10.1111/j.1440-1681.2004.04028.x
- Raya-González, J., de Ste Croix, M., Read, P., & Castillo, D. (2020). A Longitudinal Investigation of Muscle Injuries in an Elite Spanish Male Academy Soccer Club: A Hamstring Injuries Approach. *10(5)*, 1610.
- Ruf, L., Altmann, S., Graf, F., Romeike, C., Wirths, C., Wohak, O., & Härtel, S. (2022). Injury incidence, severity, and burden in elite youth soccer players - A 3-year prospective study. *J Sci Med Sport*, 25(9), 737-742. doi:10.1016/j.jsams.2022.06.003
- Savović, J., Jones, H. E., Altman, D. G., Harris, R. J., Jüni, P., Pildal, J., . . . Sterne, J. A. (2012). Influence of reported study design characteristics on intervention effect estimates from randomized, controlled trials. *Ann Intern Med*, 157(6), 429-438. doi:10.7326/0003-4819-157-6-201209180-00537
- Soligard, T., Myklebust, G., Steffen, K., Holme, I., Silvers, H., Bizzini, M., . . . Andersen, T. (2008). Comprehensive warm-up programme to prevent injuries in young female footballers: cluster randomised controlled trial. *337*, a2469. doi:10.1136/bmj.a2469 %J BMJ
- Suarez-Arrones, L., Saez de Villarreal, E., Núñez, F. J., Di Salvo, V., Petri, C., Buccolini, A., . . . 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. doi:10.1371/journal.pone.0205332
- Tumiñá-Ospina, DM, Rivas-Campo, Y, García-Garro, PA, Gómez-Rodas, A, & Afanador, D. (2022). Efectividad de los ejercicios nórdicos sobre la incidencia de lesiones de isquiotibiales en futbolistas profesionales y amateur masculinos entre los 15 y 41 años. Revisión sistemática. *Revista Iberoamericana de Ciencias de la Actividad Física y el Deporte*, 11(3), 47-65.
- van der Horst, N., Smits, D. W., Petersen, J., Goedhart, E. A., & Backx, F. J. (2015). The preventive effect of the nordic hamstring exercise on hamstring injuries in amateur soccer

- players: a randomized controlled trial. *Am J Sports Med*, 43(6), 1316-1323. doi:10.1177/0363546515574057
- Van Hooren, B., & Bosch, F. (2017). Is there really an eccentric action of the hamstrings during the swing phase of high-speed running? part I: A critical review of the literature. *J Sports Sci*, 35(23), 2313-2321. doi:10.1080/02640414.2016.1266018
- Vatovec, R., Marušič, J., Marković, G., & Šarabon, N. (2021). Effects of Nordic hamstring exercise combined with glider exercise on hip flexion flexibility and hamstring passive stiffness. *J Sports Sci*, 39(20), 2370-2377. doi:10.1080/02640414.2021.1933350
- Vereijken, A., Aerts, I., Jetten, J., Tassignon, B., Verschueren, J., Meeusen, R., & van Trijffel, E. (2020). Association between Functional Performance and Return to Performance in High-Impact Sports after Lower Extremity Injury: A Systematic Review. *Journal of sports science & medicine*, 19(3), 564–576.
- Weineck, J. (1985). *Optimales Training: leistungsphysiolog. Trainingslehre ; unter bes. Berücks. d. Kinder- u. Jugendtrainings: perimed-Fachbuch-Verlagsgesellschaft.*
- Whalan, M., Lovell, R., Steele, J. R., & Sampson, J. A. (2019). Rescheduling Part 2 of the 11+ reduces injury burden and increases compliance in semi-professional football. *Scand J Med Sci Sports*, 29(12), 1941-1951. doi:10.1111/sms.13532
- Woods, C., Hawkins, R. D., Maltby, S., Hulse, M., Thomas, A., & Hodson, A. (2004). The Football Association Medical Research Programme: an audit of injuries in professional football--analysis of hamstring injuries. *Br J Sports Med*, 38(1), 36-41. doi:10.1136/bjsm.2002.002352

#### Datos de los/as autores/as:

Sebastián Eliseo Avila-Quintero  
 Sandra Helena Suescún-Carrero  
 Nelson Fernely González-Cetina  
 Sofía Zapata-Gil  
 Diego Fernando Afanador

seavila@uniboyaca.edu.co  
 ssuescun27@uniboyaca.edu.co  
 nelfergonzalez@uniboyaca.edu.co  
 szapata17@estudiantes.areandina.edu.co  
 afanador807@gmail.com

Autor/a  
 Autor/a  
 Autor/a  
 Autor/a  
 Autor/a