

EFFECTOS DEL CURL NÓRDICO EN LA PREVENCIÓN DE LESIONES MUSCULARES DE ISQUIOSURALES EN FUTBOLISTAS

**GRADO EN CIENCIAS DE LA
ACTIVIDAD FÍSICA Y EL DEPORTE Y
GRADO EN FISIOTERAPIA**

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



Realizado por: Sergio García Calvo y Guillermo Garza Santos-Ascarza.

Año Académico: 2024-2025.

Tutor/a: Daniel Frías López.

Área: Revisión bibliográfica.



Resumen

Resumen gráfico

Efectos del curl nórdico en la prevención de lesiones musculares de isquiosurales en futbolistas.

A. Introducción


Lesiones de isquiosurales. Prevención ---> Futbolistas.

Curl nórdico = ¿Es efectivo?.

D. Discusión


La literatura demuestra que el NHE tiene efectos positivos contrastados para la prevención de lesiones de isquiosurales en futbolistas.



La realización de programas de NHE provocan cambios estructurales como la elongación de los fascículos musculares o la disminución del ángulo de penación.

B. Objetivos

- Prevención de lesiones.
- Fuerza excéntrica.
- Cambios estructurales.
- Volumen de entrenamiento.




C. Metodología



MEDLINE COMPLETE, SPORTDiscus y Rehabilitation & Sports Medicine Source.

Revisión bibliográfica ----> 2015-2024.

Artículos originales del uso del NHE en futbolistas.



Estudios acerca de fuerza excéntrica, arquitectura muscular y prevención de lesiones.

Selección de 8 artículos principales de revisión.


E. Conclusiones

El NHE es eficaz para prevenir lesiones musculares de isquiosurales en futbolistas, mejorando significativamente la fuerza excéntrica y la arquitectura muscular. La correcta integración del NHE en programas estructurados, independientemente del volumen, optimiza sus beneficios en la reducción del riesgo de lesión.






F. Palabras clave

- Curl nórdico.
- Prevención de lesiones.
- Isquiosurales.
- Fuerza excéntrica.
- Arquitectura muscular.




D. Discusión



Los programas de entrenamiento tanto de alto como de bajo volumen son efectivos, siempre que se mantengan niveles de intensidad adecuados.

El NHE provoca un aumento significativo de la fuerza excéntrica de isquiosurales, lo cual está altamente relacionado con la prevención de lesiones



Resumen

Introducción: Las lesiones musculares de isquiosurales son comunes en el fútbol y tienen un gran impacto. El curl nórdico (NHE) se presenta como un ejercicio eficaz para la prevención de estas lesiones, mejorando la fuerza excéntrica y la arquitectura muscular, considerados factores clave para reducir el riesgo de lesión.

Objetivos: Comprobar los efectos del NHE en la prevención de lesiones musculares de isquiosurales en futbolistas, analizando su impacto en la fuerza excéntrica, los cambios en la arquitectura muscular y la influencia del volumen de entrenamiento.

Metodología: Se realizó una revisión bibliográfica en MEDLINE COMPLETE, SPORTDiscus y Rehabilitation & Sports Medicine Source centrada en estudios publicados entre 2015 y 2024. Se seleccionaron artículos originales que evaluaron directamente el uso del NHE en futbolistas. Se incluyeron 8 estudios que aportaron datos sobre fuerza excéntrica, arquitectura muscular y prevención de lesiones.

Discusión: La literatura respalda que el NHE incrementa la fuerza excéntrica y mejora la arquitectura muscular, ambos factores fundamentales en la prevención de lesiones de isquiosurales. Aunque los estudios presentan variaciones en los protocolos, los resultados reflejan una reducción consistente en la incidencia de lesiones, destacando la necesidad de una planificación adecuada para maximizar su eficacia.

Conclusiones: El NHE es eficaz para prevenir lesiones musculares de isquiosurales en futbolistas, mejorando significativamente la fuerza excéntrica y la arquitectura muscular. La correcta integración del NHE en programas estructurados, independientemente del volumen, optimiza sus beneficios en la reducción del riesgo de lesión.

Palabras clave: Curl nórdico, prevención de lesiones, isquiosurales, fuerza excéntrica, arquitectura muscular.

Graphical abstract

The effects of nordic hamstring exercise on the prevention of hamstrings muscles injuries in soccer players.

A. Introduction

Hamstring injuries. Prevention ---> Soccer Players.




NHE = Effective prevention?.

D. Discussion

The literature demonstrates that NHE enhances eccentric strength and increases muscle fascicle length, both of which are crucial factors for injury prevention.



Both high-volume and low-volume training programs are effective, if adequate intensity levels are maintained.

The NHE causes a significant increase in eccentric hamstring strength, which is highly related to injury prevention.

The execution of NHE programs cause structural changes such as the elongation of muscle fascicles or the reduction of the pennation angle



B. Objectives

- Injury prevention.
- Eccentric strength.
- Structural changes.
- Training volume.




C. Methodology

MEDLINE COMPLETE, SPORTDiscus and Rehabilitation & Sports Medicine Source.

Bibliographic review ----> 2015-2024.

Original articles on the use of NHE in soccer players.

Studies on eccentric strength, muscle architecture and injury prevention.

Selection of 8 main articles for the review.




E. Conclusion

NHE is effective in preventing hamstring muscle injuries in soccer players, significantly improving eccentric strength and muscle architecture. Correct integration of NHE into structured programs, regardless of volume, optimizes its benefits in reducing injury risk.





F. Keywords

- Nordic Hamstring Exercise.
- Injury prevention.
- Hamstrings.
- Eccentric strength.
- Muscle architecture.



Abstract

Introduction: Hamstring muscle injuries are common in football and have a significant impact. The Nordic Hamstring Exercise (NHE) is recognized as an effective method for preventing these injuries by improving eccentric strength and muscle architecture, both of which are considered key factors in reducing the risk of injury.

Objectives: To verify the effects of NHE in the prevention of hamstring muscle injuries in soccer players, analyzing its impact on eccentric strength, changes in muscle architecture and the influence of training volume.

Methodology: A bibliographic review was conducted using MEDLINE COMPLETE, SPORTDiscus, and Rehabilitation & Sports Medicine Source, focusing on studies published between 2015 and 2024. Original articles that directly assessed the use of NHE in football players were selected. 8 Studies providing data on eccentric strength, muscle architecture, and injury prevention were included.

Discussion: The literature supports that NHE increases eccentric strength and improves muscle architecture, both critical factors in preventing hamstring injuries. Although the studies present variations in protocols, the results reflect a consistent reduction in the incidence of injuries, highlighting the need for adequate planning to maximize its effectiveness.

Conclusion: NHE is effective in preventing hamstring muscle injuries in soccer players, significantly improving eccentric strength and muscle architecture. Correct integration of NHE into structured programs, regardless of volume, optimizes its benefits in reducing injury risk.

Keywords: Nordic Hamstring Exercise, injury prevention, hamstrings, eccentric strength, muscle architecture.

Índice

1	Introducción.	8-12
2	Objetivo/s	13
	2.1 Principal.....	13
	2.2 Secundarios	13
3	Metodología	14-15
	3.1 Diseño	14
	3.2 Estrategia de búsqueda	14
	3.3 Criterios de selección	14-15
	3.4 Diagrama de flujo	15
4	Discusión	16-22
	4.1 Objetivo principal.....	16-18
	4.2 Objetivo secundario 1.....	18-20
	4.3 Objetivo secundario 2.....	20-21
	4.4 Objetivo secundario 3.....	21-22
5	Futuras líneas de investigación	22-24
6	Contribución a los objetivos de desarrollo sostenible	24-26
7	Conclusiones	26-27
8	Referencias bibliográficas.....	28-30
9	Anexos	31-36
	9.1 Cuadro resumen artículos empleados	31-36

Índice de Figuras

Figura 1. Ilustración del NHE.....	11
Figura 2. Diagrama de flujo.....	15

Índice de Tablas

Tabla 1. Cuadro resumen artículos empleados.....	31-36
--	-------

1 Introducción

El fútbol es uno de los deportes más populares y practicados en el mundo, involucrando a más de 275 millones de jugadores en todos los niveles, desde el amateur hasta el profesional (van der Horst et al., 2015). Este deporte combina habilidades técnicas y altas demandas físicas que requieren diferentes capacidades como pueden ser los sprints, cambios de dirección y acciones de contacto, exponiendo de esta manera a los jugadores a un riesgo considerable de lesionarse (McCall et al., 2020). De todas las lesiones conocidas, aquellas que afectan a los músculos isquiosurales son particularmente frecuentes en el fútbol profesional, representando entre el 12% y el 37% de todas las lesiones musculares en jugadores de élite (Ekstrand et al., 2023). Las lesiones de isquiosurales no solo son las más comunes, sino también una de las más costosas en términos de tiempo de recuperación y de impacto económico para los clubes (de Oliveira et al., 2020). Los futbolistas de élite son uno de los grupos sociales con salarios más altos de la actualidad. Cuando padecen una lesión leve o grave de isquiosurales es frecuente que se ausenten de la competición varios días e incluso semanas, lo cual genera importantes pérdidas financieras y deportivas para los clubes que invierten cuantiosos recursos en la contratación y recuperación de sus jugadores clave (Lovell et al., 2018).

En el contexto del fútbol profesional, las lesiones de isquiosurales no solo representan un desafío clínico, sino también un problema deportivo y financiero (Ekstrand et al., 2023). De acuerdo con Ekstrand et al. (2016), la incidencia de lesiones de isquiosurales ha aumentado un 4% anualmente desde 2001 en jugadores de élite. Este incremento puede atribuirse a varios factores, tales como la intensificación de los entrenamientos, el aumento de la frecuencia de partidos y el diseño de calendarios congestionados que limitan los periodos de descanso y recuperación de los futbolistas (Chesterton et al., 2022). Estos factores no solo elevan el riesgo de lesión inicial, sino que también aumentan la probabilidad de recaídas, una situación común en las lesiones de isquiosurales que no se han curado adecuadamente y que puede

complicar el proceso de rehabilitación y alargar los periodos de ausencia de los futbolistas (de Oliveira et al., 2020).

Los isquiosurales son un grupo de músculos que desempeñan un papel crucial en acciones específicas del fútbol, tales como los sprints y los saltos (Raya-González et al., 2023). Este grupo muscular se compone del bíceps femoral, el semitendinoso y el semimembranoso, los cuales están expuestos a altos niveles de tensión durante las fases excéntricas de contracción, especialmente al final del balanceo en los sprints (Raya-González et al., 2023). Durante esta fase excéntrica de contracción, los isquiosurales deben desacelerar rápidamente los movimientos de extensión de rodilla y de flexión de cadera, lo que los somete a fuerzas importantes que aumentan el riesgo de daño y lesión (Mendiguchia et al., 2020). Además, se ha observado que los factores de riesgo más relevantes para las lesiones de isquiosurales incluyen la arquitectura muscular, la fatiga neuromuscular y las deficiencias en la fuerza excéntrica (Huygaerts et al., 2020).

En relación con la arquitectura muscular, se ha visto que, una menor longitud de los fascículos en el bíceps femoral puede predisponer a los futbolistas a lesiones, debido a una mayor probabilidad de sufrir daños bajo tensión excéntrica (Alonso-Fernández et al., 2018). Asimismo, la fatiga neuromuscular es considerada como un factor crítico, ya que provoca descoordinación en la activación muscular y dificulta la capacidad del músculo para resistir cargas excéntricas repetitivas durante esfuerzos de alta intensidad como pueden ser las acciones habituales durante la competición (Lovell et al., 2018). Estas lesiones no solo afectan a futbolistas de élite, sino también a futbolistas amateurs, siendo especialmente recurrentes en momentos de alta intensidad dentro del juego y en periodos de poca recuperación (van der Horst et al., 2015).

La prevención de lesiones se ha convertido en una prioridad para los equipos de fútbol, tanto por razones de rendimiento como económicas (Ekstrand et al., 2023). Algún estudio como el de McCall et al. (2020), sugiere que una menor incidencia de lesiones se correlaciona positivamente con el éxito de los equipos en las ligas de élite

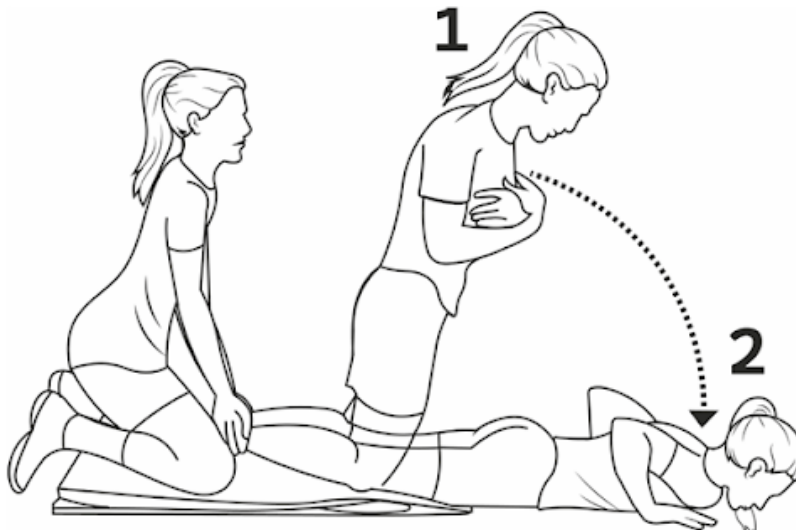
europeas, lo cual refuerza la importancia de implementar programas de prevención efectivos. Los programas de prevención de lesiones generalmente adoptan un enfoque multidimensional, que incluye tanto intervenciones de fortalecimiento muscular como estrategias de optimización de la carga de entrenamiento y recuperación (Ekstrand et al., 2016). Estas intervenciones se centran en minimizar los factores de riesgo modificables, como la fuerza excéntrica insuficiente y la fatiga acumulada, mientras que abordan la importancia de planificar los microciclos de entrenamiento para incluir tiempos adecuados de recuperación y adaptación muscular (Chesterton et al., 2022).

Por ende, el fortalecimiento muscular a través de trabajo excéntrico ha ganado relevancia en los programas de prevención de lesiones, especialmente a través de ejercicios específicos como el curl nórdico o Nordic Hamstring Exercise (NHE) (Lovell et al., 2018). Este ejercicio no solo se ha validado como un método efectivo para aumentar la fuerza excéntrica de los isquiosurales, sino que también promueve adaptaciones fisiológicas que aumentan la resistencia del músculo al estrés mecánico, reduciendo así la incidencia de lesiones (de Oliveira et al., 2020). Algún estudio, como el de van der Horst et al. (2015), ha investigado el impacto del NHE en la reducción de lesiones de isquiosurales en jugadores amateur, evidenciando su potencial preventivo al integrarlo en los entrenamientos habituales de estos deportistas.

El NHE es un ejercicio de fortalecimiento excéntrico en el que el sujeto se arrodilla y, con los tobillos sujetos, baja el torso hacia adelante, controlando el movimiento con los isquiosurales (Chesterton et al., 2022). Este ejercicio ha ganado popularidad en el ámbito deportivo debido a su capacidad para mejorar la fuerza excéntrica y alargar la longitud del fascículo muscular, lo cual es fundamental para reducir el riesgo de lesiones (Alonso-Fernández et al., 2018). Alguna investigación como la de Mendiguchia et al. (2020), indica que el NHE produce una adaptación muscular significativa, aumentando la longitud de los fascículos y disminuyendo el ángulo de penetración, lo cual facilita una mejor tolerancia a las fuerzas de alta intensidad.

Figura 1

Ilustración del NHE.



Nota: Tomado de Amundsen et al. (2022).

A pesar de que los métodos actuales de entrenamiento y las iniciativas de prevención de lesiones en el mundo del fútbol han evolucionado y mejorado en los últimos años debido a los nuevos avances y tecnologías, persisten desafíos importantes relacionados con la implementación de dichas estrategias (Alonso-Fernández et al., 2018). Estas lesiones representan una de las problemáticas más comunes en el fútbol, afectando significativamente la participación de los futbolistas en los entrenamientos y partidos (van der Horst et al., 2015). Históricamente, se han realizado esfuerzos para incluir ejercicios excéntricos en los programas de prevención debido a su capacidad para aumentar la fuerza y la resistencia de los músculos en posiciones alargadas, reduciendo así el riesgo de lesión (Lovell et al., 2018). A pesar de la creciente aplicación a futbolistas, la implementación del NHE en ligas como la Major League Soccer (MLS) enfrenta ciertos desafíos (Chesterton et al., 2022). Asimismo, un 75% de equipos de la MLS integra este programa de manera parcial, mientras que solo un 21% lo realiza completamente, lo cual podría estar relacionado con factores como las

percepciones de los futbolistas y el dolor muscular asociado al ejercicio (Chesterton et al., 2022).

La programación del NHE dentro del microciclo semanal de entrenamiento también ha sido objeto de estudio, ya que su integración adecuada puede maximizar sus beneficios sin comprometer el rendimiento en la competición (Lovell et al., 2018). Además, el momento ideal para realizar ejercicios excéntricos es entre 48 y 72 horas después del partido, permitiendo una recuperación adecuada antes de la siguiente competición, aunque, esta programación puede variar dependiendo de factores como la duración del periodo preparatorio y las exigencias del calendario competitivo (Lovell et al., 2018). Durante los periodos de pretemporada, se han estudiado diferentes enfoques para la implementación del NHE, incluyendo programas de corta duración con sesiones semanales ajustadas a las limitaciones de tiempo (de Oliveira et al., 2020). Estos enfoques buscan explorar cómo adaptar este tipo de ejercicios a las exigencias específicas de los calendarios competitivos (de Oliveira et al., 2020).

Dada la creciente incidencia de estas lesiones y su impacto en el rendimiento deportivo y la sostenibilidad económica de los clubes, resulta esencial consolidar la evidencia científica y práctica que respalde la implementación de estrategias efectivas (Ekstrand et al., 2023). Además, esta revisión pretende abordar las brechas existentes en la literatura actual, explorando, no solo la eficacia del NHE, sino también los desafíos asociados a su integración en programas de entrenamiento y prevención en diversos contextos competitivos.

El objetivo del presente trabajo es analizar los efectos del NHE en la prevención de lesiones de isquiosurales en futbolistas, evaluando tanto su eficacia, como los mecanismos preventivos involucrados, y los posibles desafíos de su implementación en el entorno profesional y amateur. De esta forma, se busca aportar una ayuda para optimizar el diseño de intervenciones preventivas y mejorar la salud muscular de los futbolistas, favoreciendo tanto su desempeño como su longevidad en el deporte.

2 Objetivos

2.1 Principal

Comprobar los efectos del NHE en la prevención de lesiones musculares de los isquiosurales en futbolistas.

2.2 Secundarios

1. Analizar la relación del NHE en la fuerza excéntrica de los isquiosurales y su relación con la reducción del riesgo de lesión.
2. Comprobar los cambios en la arquitectura muscular de los isquiosurales inducidos por el entrenamiento con NHE y su papel en la prevención de lesiones.
3. Analizar la influencia del volumen de entrenamiento del NHE y su relación en la prevención de lesiones.

3 Metodología

3.1 Diseño

Se ha realizado una revisión bibliográfica de artículos científicos en las bases de datos (MEDLINE, SPORTDiscus y Rehabilitation & Sport Medicine Source) de la biblioteca CRAI Dulce Chacón de la UEM sobre los efectos del curl nórdico en la prevención de lesiones musculares de isquiosurales en futbolistas.

3.2 Estrategia de búsqueda

Para la búsqueda de estudios originales se consultaron las bases de datos de MEDLINE COMPLETE, SPORTDiscus y Rehabilitation & Sports Medicine Source con texto completo mediante la siguiente ecuación de búsqueda “(strength training or resistance training or strength program) AND (football or soccer) AND (injury prevention or injury rate or injury incidence or prevention) AND (hamstring or hamstring muscles or hamstrings) NOT (rugby) NOT (tendon) NOT (review of literature or literature review or meta-analysis or systematic review)” (artículos encontrados: 308). Como se puede ver en la Figura 2, se selecciona por: Artículos científicos a texto completo (artículos encontrados: 302). Año de publicación 2015-2024 (artículos encontrados: 198). Artículos publicados en inglés y español (artículos encontrados: 197). Artículos de publicaciones académicas (artículos encontrados: 158). Artículos duplicados (artículos encontrados: 112). Artículos que mencionen el curl nórdico (artículos encontrados: 51). Artículos que traten principalmente de la prevención de lesiones musculares de isquiosurales (artículos encontrados: 31). Artículos que solo traten de la musculatura isquiosural (artículos encontrados: 15). Artículos que involucren a jugadores de fútbol (artículos encontrados: 8)

3.3 Criterios de selección

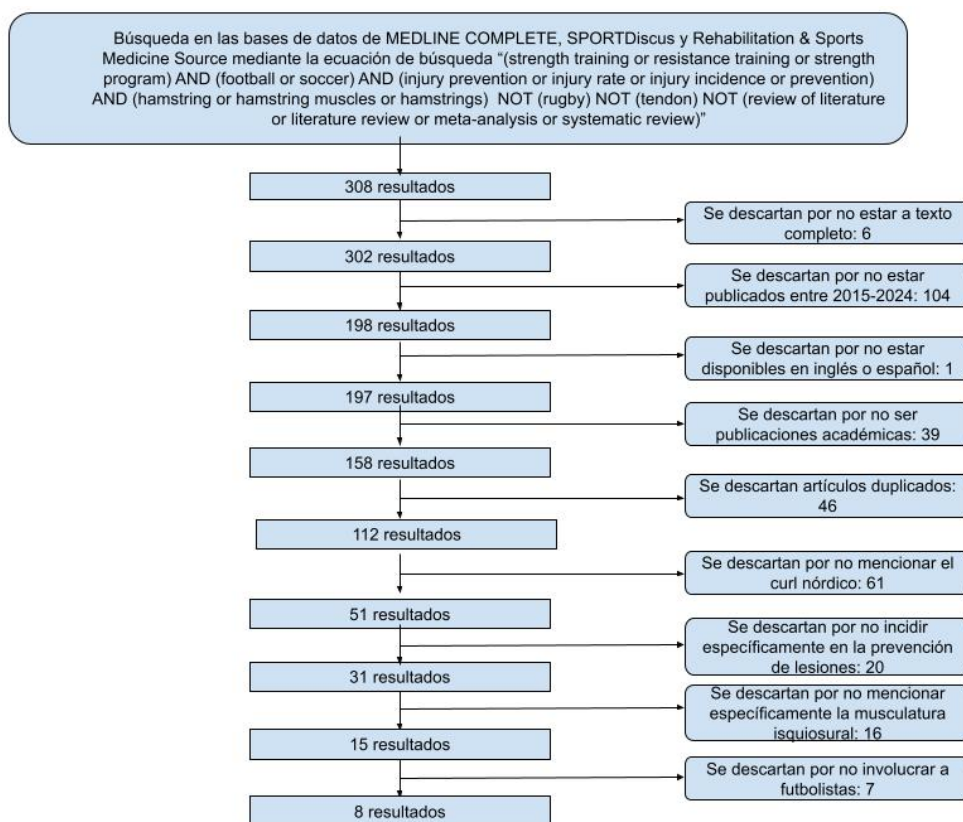
- Artículos que apliquen el curl nórdico.
- Artículos que traten principalmente de la prevención de lesiones musculares de isquiosurales.

- Artículos que solo traten de la musculatura isquiosural.
- Artículos que involucren a jugadores de fútbol.

3.4 Diagrama de flujo

Figura 2

Diagrama de flujo



Nota. Elaboración propia.

4 Discusión

En esta revisión, se procederá a comparar y contrastar los datos de los estudios seleccionados (ver Tabla 1) por los criterios mencionados anteriormente, con la finalidad de dar respuesta a nuestros objetivos planteados, tanto el principal como los secundarios. El objetivo principal a abordar en esta revisión es comprobar los efectos del NHE en la prevención de lesiones musculares de isquiosurales en futbolistas. Los objetivos secundarios son: analizar la relación del NHE en la fuerza excéntrica de los isquiosurales y su relación con la reducción del riesgo de lesión, comprobar los cambios en la arquitectura muscular de los isquiosurales inducidos por el entrenamiento con NHE y su papel en la prevención de lesiones y analizar la influencia del volumen de entrenamiento del NHE y su relación en la prevención de lesiones.

4.1 Objetivo principal

Todos los estudios seleccionados abordan el objetivo principal, pero no todos lo hacen de la misma forma, ya que han estudiado diferentes variables para comprobar los efectos del NHE en la prevención de lesiones musculares de isquiosurales en futbolistas. Los estudios realizados por Cadu et al. (2022), Raya-González et al. (2023) y Suárez-Arrones et al. (2021), abordan directamente la incidencia de lesiones en sus muestras.

En el estudio de Cadu et al. (2022), se realizó una comparativa muy visual entre un grupo que realizó una sesión semanal de 3 repeticiones máximas de NHE estándar con NordBord, donde los jugadores que eran capaces de realizarlo en todo el recorrido con su propio peso corporal recibieron diferentes kg de lastre, pero siempre con el objetivo de que las 3 repeticiones exigidas sean con un esfuerzo máximo. Se registraron 5 lesiones de isquiosurales (22%) en el grupo experimental y 9 (39%) en el grupo control, resultando en un riesgo 2.7 veces menor de lesión en el grupo experimental, aunque no fue estadísticamente significativo (OR = 0.37; IC 95%, 0.079–1.54; P = .12).

En la intervención de Raya-González et al. (2023), no solo se realizó un protocolo de NHE asistido, sino que también se implementaron ejercicios de sprint, esto puede ser un factor importante a la hora de comparar los resultados obtenidos con otros estudios, ya que no se está analizando la capacidad preventiva de los entrenamientos de sprint. Sin embargo, los resultados en cuanto a prevención de lesiones son muy similares a los del estudio de Cadu et al. (2022).

De acuerdo con Raya-González et al. (2023), el grupo control registró tres lesiones de isquiosurales que provocaron 59 días de ausencia, mientras que el grupo experimental registró solo una lesión y 7 días de ausencia. Aunque no se encontraron diferencias significativas en la incidencia de lesiones entre los grupos control y experimental, (1.42 lesiones/1000 horas) frente a (0.55 lesiones/1000 horas); ($p = 0.410$), la carga de lesiones, definida como el tiempo de baja del futbolista por cada 1000 horas, sí fue significativamente menor en el grupo experimental (3.82 días/1000 horas) en comparación con el grupo control (27.87 días/1000 horas); ($p < 0.001$).

En el análisis realizado por Suárez-Arrones et al. (2021), se realizó un seguimiento más prolongado a lo largo de los años, concretamente de 12 temporadas, utilizando las 10 primeras temporadas como control y las 2 últimas de intervención. A pesar de que el tiempo de medición es mayor, las variables de incidencia de lesiones y carga de lesiones son idénticas al estudio de Raya-González et al. (2023). Además, los estudios de Raya-González et al (2023) y Suárez-Arrones et al. (2021), subrayan la importancia de mejorar la salud muscular y la fuerza excéntrica como componentes clave para la prevención de lesiones y utilizan programas estructurados de prevención basados en ejercicios de fortalecimiento, aunque con enfoques diferentes como los sprints o los programas holísticos multifactoriales. Los resultados muestran que la tasa global de lesiones fue 3 veces menor durante las dos temporadas de intervención respecto a las siete temporadas anteriores y la carga de lesiones fue casi 4 veces menor durante las temporadas de intervención en comparación con las temporadas de control.

Tras analizar los estudios de Cadu et al. (2022), Raya-González et al. (2023), Suárez-Arrones et al. (2021), que tratan sobre la incidencia de lesiones de isquiosurales se puede observar que existe una relación significativa entre realizar un entrenamiento específico de musculatura isquiosural con la reducción de la tasa de lesiones en futbolistas. Pero es importante tener en cuenta, que a pesar de que el ejercicio principal realizado en los 3 estudios es el NHE, en Raya-González et al. (2023) y en Suárez-Arrones et al. (2021), no es la única intervención realizada y no se especifica exactamente qué parámetros se utilizan en este ejercicio a la hora de su ejecución.

4.2 Objetivo secundario 1

En cuanto a la valoración de la fuerza excéntrica, todos los artículos seleccionados para la revisión abordan esta variable, ya que constituye la base en la realización del NHE. La fuerza excéntrica de los isquiosurales es uno de los principales factores asociados a la prevención de lesiones musculares y una variable determinante en la integridad física de los futbolistas (Amundsen et al., 2022). Los estudios realizados por Lovell et al. (2018), Medeiros et al. (2020) y Vianna et al. (2021), inciden directamente en la aplicación de la fuerza excéntrica durante el NHE.

En el estudio de Medeiros et al. (2020), se evaluaron los efectos del NHE en futbolistas de alto nivel, donde durante 8 semanas (4 de pretemporada y 4 de temporada competitiva), los jugadores del grupo 1 realizaron una sesión semanal de NHE, mientras que los del grupo 2 completaron dos sesiones semanales. La fuerza excéntrica de los flexores de rodilla se midió mediante dinamometría isocinética antes y después del programa. Los resultados mostraron que solo el grupo que realizó el NHE dos veces por semana presentó aumentos significativos en la fuerza excéntrica de los isquiosurales (11%, $p < 0,05$), lo cual coincide con los hallazgos de Vianna et al. (2021), quienes reportaron un aumento de la fuerza excéntrica con dos sesiones semanales de NHE en futbolistas femeninas.

Por otro lado, Medeiros et al. (2020), demostraron que un programa de NHE mejora tanto el ratio H:Q (proporción de fuerza entre isquiosurales y cuádriceps) funcional (de

0.76 a 0.84) como el convencional (de 0.54 a 0.57) en futbolistas masculinos de élite, evidenciando que una mayor frecuencia de entrenamiento es clave para optimizar estas adaptaciones musculares. Este hallazgo es respaldado por Vianna et al. (2021), quienes señalaron un incremento del 13% en la fuerza excéntrica en futbolistas femeninas tras un programa similar de 8 semanas, y aunque no evaluaron directamente el ratio H:Q, sugirieron un efecto indirecto positivo en el equilibrio muscular. Por otro lado, Lovell et al. (2018), también observaron mejoras en la fuerza excéntrica (12%) y en el ratio H:Q funcional en un programa de NHE de 12 semanas aplicado antes o después del entrenamiento, reforzando la eficacia de esta variable. También, es importante resaltar que en la investigación de Medeiros et al. (2020), los entrenamientos se llevaron a cabo durante el calentamiento y no incluyeron contracción concéntrica, lo que asegura la especificidad de la carga excéntrica.

La intervención de Vianna et al. (2021), se examinó el impacto de un programa de 8 semanas de NHE, realizado dos veces por semana, en futbolistas femeninas profesionales. Al igual que en los hallazgos contrastados por Medeiros et al. (2020), los resultados mostraron un aumento significativo del 13% en la fuerza excéntrica de los flexores de rodilla ($p < 0.05$; $ES = 0.74-0.82$), sin embargo, sólo el 71% de las jugadoras se clasificaron como respondedoras en términos de fuerza excéntrica, evidenciando una variabilidad en las respuestas individuales. Las evaluaciones se llevaron a cabo al igual que Medeiros et al. (2020), mediante dinamometría isocinética a $60^\circ/s$, obteniendo tamaños de efecto moderados a grandes ($ES = 0.74-0.82$). Aunque en la intervención de Vianna et al. (2021), no se evaluó el ratio H:Q de manera directa como resaltaba Medeiros et al. (2020), las mejoras en fuerza excéntrica respaldan un impacto positivo en este equilibrio, ampliamente reconocido como un factor clave en la prevención de lesiones de isquiosurales. Por otro lado, los hallazgos de Vianna et al. (2021), son complementarios a los de Lovell et al. (2018), quienes, tras un programa de 12 semanas de NHE aplicado antes o después del entrenamiento en jugadores amateur, reportaron mejoras consistentes en la fuerza excéntrica (12%, medido mediante dinamometría isocinética a $30^\circ/s$) y en el ratio H:Q funcional. Además, Lovell et al. (2018) destacaron que las adaptaciones musculares específicas,

como la arquitectura del bíceps femoral, variaron según el momento del día en que se realizaba el NHE, pero la fuerza excéntrica y el equilibrio muscular mejoraron independientemente del horario, lo que respalda la flexibilidad del NHE como herramienta preventiva.

Por otro lado, en relación con los resultados previamente descritos, Augustsson et al. (2023), investigaron la influencia del NHE con ciclo de estiramiento-acortamiento rápido, encontrando un 13% más de fuerza pico en los flexores de rodilla (822 N frente a 726 N, $p < 0.01$) en comparación con la ejecución estándar lenta. Esta mayor generación de fuerza, observada en un contexto de alta velocidad excéntrica, podría ser relevante para reforzar los protocolos aplicados por Vianna et al. (2021) y Medeiros et al. (2020), quienes enfatizan el desarrollo de fuerza excéntrica mediante técnicas tradicionales. Sin embargo, los hallazgos de Augustsson et al. (2023), también contrastan con los de Lovell et al. (2018), ya que sugieren que la velocidad del movimiento puede ser un factor modulador de la magnitud de las adaptaciones, especialmente en contextos competitivos donde las demandas musculares son dinámicas.

4.3 Objetivo secundario 2

Los cambios en la arquitectura muscular son un factor importante que se ha analizado en varios de los estudios de nuestra revisión, ya que además de que el NHE muestra evidencia de producirlos, estos pueden estar ligados tanto a la fuerza como a la incidencia de lesiones de los isquiosurales en futbolistas (Lovell et al., 2018).

En los estudios de Lovell et al. (2018), Medeiros et al. (2020) y Vianna et al. (2021), se pueden observar cambios estructurales en los isquiosurales tras los protocolos realizados de NHE.

Como se mencionó anteriormente, en el estudio de Medeiros et al (2020) se dividió la muestra en dos grupos experimentales de futbolistas masculinos de élite. Un grupo realizó el protocolo 1 vez por semana y el otro grupo 2 veces por semana. Aunque en

los hallazgos de aumento de fuerza excéntrica no se apreciaron mejoras significativas en el grupo que sólo realizó un entrenamiento de NHE a la semana, ambos grupos experimentaron un aumento similar en la longitud (del 8% al 9%) y el grosor de las fibras musculares de la cabeza larga del bíceps femoral.

De la misma forma, en el trabajo realizado por Vianna et al. (2021), se estudiaron los cambios en la longitud de los fascículos musculares. El estudio se realizó sobre una muestra de futbolistas femeninas divididas en grupo amateur y grupo profesional que realizaron el programa de NHE durante 8 semanas con una frecuencia de dos sesiones por semana. Los resultados de igual manera que en Medeiros et al. (2020), mostraron un aumento significativo en la longitud de los fascículos musculares, sin diferencias significativas entre el grupo amateur y el grupo profesional.

Los estudios de Medeiros et al. (2020) y Vianna et al. (2021), tienen en común que las sesiones de entrenamiento de NHE se realizaron siempre antes del entrenamiento principal del grupo, en contraposición con el estudio de Lovell et al. (2018), que formaron 3 grupos de futbolistas amateur, uno control, uno que realizó el protocolo antes de la sesión principal de entrenamiento y otro que realizó el protocolo después de la sesión principal de entrenamiento. Debido a esto, se observaron cambios distintos en la arquitectura muscular. El grupo que realizó el protocolo de NHE antes del entrenamiento obtuvo un incremento de la longitud de los fascículos musculares del bíceps femoral similar a los de los estudios de Vianna et al. (2021) y Medeiros et al. (2020), pero el grupo que realizó el protocolo al finalizar las sesiones de entrenamiento obtuvo un cambio menor en cuanto a la longitud de los fascículos musculares pero mayor en cuanto a grosor muscular y ángulo de penación. Estos hallazgos pueden estar relacionados con una mayor hipertrofia muscular al realizar el protocolo de NHE posterior a la sesión principal.

4.4 Objetivo secundario 3

El volumen de entrenamiento en protocolos de NHE también es un aspecto importante a estudiar y analizar ya que, además de que puede ser un factor directamente

relacionado con la eficacia preventiva del NHE, también puede estar relacionado con la ganancia de fuerza excéntrica o de cambios en la arquitectura muscular de los isquiosurales (Amundsen et al., 2022).

En el estudio de Amundsen et al. (2022) se hace especial hincapié en la importancia del volumen de entrenamiento de NHE y los efectos que produce. En este estudio se dividió a los participantes en 2 grupos, uno de bajo volumen de entrenamiento y otro de alto volumen de entrenamiento. El tiempo total del protocolo fue el mismo (8 semanas) pero en el grupo de alto volumen se realizaron 21 sesiones y en el de bajo volumen 10 sesiones. Los resultados muestran que ambos grupos tuvieron ganancias significativas de fuerza con y sin peso añadido (0 kg: $p = 0.01$; 5 kg: $p < 0.001$; 10 kg: $p < 0.001$). Sin embargo, no se encontraron diferencias significativas entre los grupos para ninguno de los pesos (0 kg: $p = 0.11$; 5 kg: $p = 0.25$; 10 kg: $p = 0.38$). Esto nos sugiere que el volumen de entrenamiento no es un factor relevante en la realización de un protocolo de prevención de lesiones de NHE. Además, si comparamos estos hallazgos con otros estudios como el de Cadu et al. (2022), Medeiros et al. (2020) y Raya-González et al. (2023), se puede observar que las ganancias de fuerza son muy similares a las del grupo de alto volumen de Amundsen et al. (2022), a pesar de que en todos ellos existe al menos un grupo que realiza el protocolo de NHE tan solo 1 día a la semana.

5 Futuras líneas de investigación

A pesar de todo los contenidos revisados a lo largo de este trabajo sobre los efectos del NHE en la prevención de lesiones musculares de isquiosurales en futbolistas, aún existen múltiples aspectos que requieren de investigación para progresar en el desarrollo de este campo y mejorar su posible aplicación práctica. En este apartado, se plantean una serie de consideraciones que, basadas en las limitaciones y falta de conocimiento actual, pueden guiar futuras investigaciones y contribuir al desarrollo de estrategias más efectivas.

En primer lugar, la muestra en los diferentes estudios analizados es muy diversa y variada, por lo cual es complicado poder llegar a unas conclusiones concretas para cada tipo de población. En el futuro, sería conveniente investigar de forma más específica sobre un mismo tipo de futbolista, de igual nivel, edad y género, de cara a conseguir unos resultados lo más concretos posibles.

Otra cuestión relevante es la necesidad de estudiar cómo adaptar la programación del NHE a diferentes calendarios y contextos competitivos. En equipos de fútbol con calendarios congestionados, puede ser complicado encontrar el momento adecuado para implementar programas de NHE sin comprometer el rendimiento de los futbolistas durante la competición. La frecuencia, la intensidad y el volumen del ejercicio podrían ajustarse en función de las demandas específicas de cada periodo competitivo. Asimismo, futuros estudios podrían investigar la personalización de los protocolos de NHE según características individuales, como el nivel de fuerza inicial, la arquitectura muscular y la respuesta a diferentes frecuencias de entrenamiento. La variabilidad en las respuestas individuales observada en algunos estudios indica que la implementación de protocolos más adaptativos podría mejorar la efectividad del ejercicio.

Además, aunque la investigación ha avanzado en la comprensión de los mecanismos musculares involucrados en el NHE, aún existe mucho desconocimiento sobre su impacto en variables biomecánicas y neuromusculares. De la misma forma, es necesario investigar acerca de la influencia que tiene el NHE en la coordinación intermuscular y en la propia técnica de carrera, para poder así conseguir un protocolo integral de prevención de lesiones.

Otra línea de investigación prometedora es la integración del NHE con otros métodos de entrenamiento y prevención, como ejercicios pliométricos o estrategias de recuperación activa y fisioterapia. Los resultados preliminares de programas combinados han mostrado potencial, pero se requieren más estudios para determinar las sinergias óptimas y las posibles limitaciones de estas combinaciones.

Además, sería valioso explorar la relación entre el momento del ciclo de entrenamiento en el que se incorpora el NHE y su impacto en el rendimiento y la prevención de lesiones. Aunque algunos estudios sugieren beneficios al realizar el NHE antes o después de las sesiones de entrenamiento, la evidencia no es concluyente respecto al momento ideal para su implementación.

Estas líneas de investigación contribuirán no solo a superar las limitaciones actuales, sino también a optimizar el diseño e implementación de programas de prevención de lesiones, beneficiando así a futbolistas y a sus clubes.

6 Contribución a los objetivos de desarrollo sostenible

La presente revisión sobre los efectos del NHE en la prevención de lesiones musculares de isquiosurales en futbolistas guarda una estrecha relación con varios de los Objetivos de Desarrollo Sostenible (ODS) planteados por la Agenda 2030 de las Naciones Unidas. A través de nuestra investigación, se puede contribuir al progreso en los siguientes objetivos:

El principal impacto de nuestra revisión se encuentra en el ODS 3 (Salud y Bienestar), que busca garantizar una vida sana y promover el bienestar para todos en todas las edades. Nuestro trabajo subraya la importancia de la prevención de lesiones, un factor crítico en la promoción de la salud física de los futbolistas, tanto en contextos profesionales como amateurs. Las lesiones musculares no solo afectan el rendimiento deportivo, sino que también pueden tener consecuencias a largo plazo en la calidad de vida de los futbolistas, ya que problemas recurrentes o mal rehabilitados pueden derivar en dolores crónicos y limitaciones funcionales. Al consolidar la evidencia sobre el uso del NHE como herramienta efectiva de prevención, nuestra revisión respalda estrategias que minimizan el riesgo de lesiones y promueven una práctica deportiva más segura y saludable. Además, este enfoque preventivo puede ser aplicado más allá del fútbol, extendiéndose a otros deportes y a poblaciones activas en general.

Esto contribuye a fomentar una actividad física segura, alineándose con la meta de reducir enfermedades no transmisibles relacionadas con la inactividad física y las lesiones deportivas, promoviendo así un bienestar integral.

El ODS 4 (Educación de Calidad), centrado en garantizar una educación inclusiva, equitativa y de calidad, también está relacionado indirectamente con nuestra revisión. Esta revisión aporta un fragmento de conocimiento científico específico que puede ser integrado en los programas educativos de ciencias del deporte, fisioterapia y medicina deportiva. Al proporcionar información basada en evidencia sobre la prevención de lesiones, facilitamos que entrenadores, fisioterapeutas y profesionales del deporte adopten prácticas más seguras y efectivas. Este impacto educativo fomenta el desarrollo de competencias profesionales que, a largo plazo, benefician tanto a los deportistas como al entorno deportivo en general.

El ODS 8 (Trabajo Decente y Crecimiento Económico) destaca la importancia de promover un trabajo decente y un crecimiento económico sostenible. Nuestra revisión tiene implicaciones directas en la economía del deporte, especialmente en el ámbito profesional. Las lesiones de isquiosurales no solo generan costes elevados para los clubes debido a los periodos de baja de los futbolistas, sino que también afectan el rendimiento competitivo de los equipos, con grandes repercusiones económicas. Reducir la incidencia de estas lesiones a través de estrategias de prevención basadas en el NHE puede optimizar la inversión que supone la contratación y el desarrollo de los futbolistas, además de mejorar su disponibilidad para competir al más alto nivel. Esto no solo favorece la estabilidad económica de los clubes, sino que también contribuye a la sostenibilidad de las ligas y competiciones.

Aunque de manera más indirecta, nuestra revisión también puede relacionarse con el ODS 12 (Producción y Consumo Responsables), que busca garantizar patrones de producción y consumo sostenibles. En el contexto deportivo, la prevención de lesiones reduce la necesidad de tratamientos médicos invasivos y el uso de recursos sanitarios, lo que puede traducirse en un menor impacto ambiental. Al promover una gestión preventiva y eficiente de la salud de los futbolistas, apoyamos prácticas más

sostenibles en el manejo de la actividad deportiva, reduciendo el consumo innecesario de recursos.

Por último, nuestro trabajo fomenta la colaboración entre diferentes ámbitos profesionales, como la ciencia del deporte, la medicina y la fisioterapia, relacionándose con el ODS 17 (Alianzas para Lograr los Objetivos), que promueve vínculos para el logro de los objetivos globales. Este enfoque interdisciplinar es esencial para desarrollar e implementar estrategias de prevención efectivas y sostenibles en el deporte.

Por lo tanto, nuestra investigación aporta contenido tanto a nivel de conocimiento en la prevención de lesiones como a la posibilidad de influir positivamente en aspectos clave como la salud, la educación, la economía y la sostenibilidad en el deporte. Al conectar los hallazgos de esta revisión con los ODS, se refuerza el compromiso con un modelo deportivo que priorice la seguridad, el bienestar y la sostenibilidad.

7 Conclusiones

La presente revisión bibliográfica ha permitido analizar los efectos del NHE en la prevención de lesiones musculares de isquiosurales en futbolistas. En función del objetivo principal basado en comprobar los efectos del NHE en la prevención de lesiones musculares de los isquiosurales en futbolistas, se concluye que el NHE es eficaz como método preventivo para las lesiones musculares de isquiosurales en futbolistas, ya que sus efectos disminuyen tanto la incidencia lesional como la duración del tiempo de baja por lesión.

En cuanto al primer objetivo secundario, sobre analizar la relación del NHE en la fuerza excéntrica de los isquiosurales y su relación con la reducción del riesgo de lesión, los datos de los artículos revisados nos muestran que el protocolo del NHE provoca un aumento significativo de la fuerza excéntrica y por ende, contribuye directamente a mejorar el equilibrio y condicionamiento de la musculatura isquiosural, factores que

están fuertemente relacionados con la prevención de lesiones musculares, lo que provoca que la fuerza excéntrica represente un papel fundamental a la hora de disminuir el riesgo de lesiones musculares en futbolistas.

Respecto al segundo objetivo secundario, comprobar los cambios en la arquitectura muscular de los isquiosurales inducidos por el entrenamiento con NHE y su papel en la prevención de lesiones, los hallazgos confirman que el NHE produce una elongación en los fascículos musculares, un engrosamiento de la musculatura isquiosural y un aumento del ángulo de penación. Estas características son fundamentales ya que mejoran la capacidad del músculo para soportar tensiones excéntricas y prolongadas, que son muy frecuentes en acciones explosivas como sprints, cambios de ritmo y de dirección. Todas ellas, constituyen un factor determinante a la hora de prevenir lesiones musculares.

Con respecto al tercer objetivo secundario, enfocado en analizar la influencia del volumen de entrenamiento del NHE y su relación en la prevención de lesiones, revela que, el volumen de entrenamiento de NHE no es un factor diferencial a la hora de producir adaptaciones que pueden disminuir la incidencia de lesiones ya que el grupo que realizó su protocolo 2-3 días por semana durante 8 semanas, no obtuvo mejores resultados que ningún otro grupo de bajo volumen que realizaron su protocolo 1-2 días por semana.

Finalmente, se concluye que los artículos empleados en esta revisión respaldan de manera sólida el uso del NHE como una estrategia eficaz y versátil para la prevención de lesiones musculares de isquiosurales en futbolistas.

8 Referencias bibliográficas

- Alonso-Fernandez, D., Docampo-Blanco, P., & Martinez-Fernandez, J. (2018). Changes in muscle architecture of biceps femoris induced by eccentric strength training with Nordic hamstring exercise. *Scandinavian Journal of Medicine & Science in Sports*, 28(1), 88-94. <https://doi.org/10.1111/sms.12877>
- Amundsen, R., Heimland, J. S., Thorarinsdottir, S., Møller, M., & Bahr, R. (2022). Effects of high and low training volume with the Nordic hamstring exercise on hamstring strength, jump height, and sprint performance in female football players: A randomised trial. *Translational Sports Medicine*, 2022, 1-9. <https://doi.org/10.1155/2022/7133928>
- Augustsson, J., Alt, T., & Andersson, H. (2023). Speed matters in Nordic hamstring exercise: Higher peak knee flexor force during fast stretch-shortening variant compared to standard slow eccentric execution in elite athletes. *Sports*, 11(7), 1-12. <https://doi.org/10.3390/sports11070130>
- 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. *Journal of Sport Rehabilitation*, 31(8), 1061-1066. <https://doi.org/10.1123/jsr.2021-0445>
- Chesterton, P., Draper, G., Portas, M., & Tears, C. (2022). The uptake of Nordic hamstring exercise program for injury prevention in Major League Soccer and its barriers to implementation in practice. *Journal of Sport Rehabilitation*, 31(5), 576-581. <https://doi.org/10.1123/jsr.2021-02622>
- de Oliveira, N., Medeiros, T. M., Vianna, K. B., Santos Oliveira, G., Ribeiro-Alvares, J. B., & Manfredini Baroni, B. (2020). A four-week training program with the Nordic hamstring exercise during preseason increases eccentric strength of male soccer players. *International Journal of Sports Physical Therapy*, 15(4), 571-578. <https://doi.org/10.26603/ijsp20200571>

- Ekstrand, J., Bengtsson, H., Waldén, M., Davison, M., Khan, K. M., & Hägglund, M. (2023). Hamstring injury rates have increased during recent seasons and now constitute 24% of all injuries in men's professional football: The UEFA Elite Club Injury Study from 2001/02 to 2021/22. *British Journal of Sports Medicine*, 57(5), 292-298. <https://doi.org/10.1136/bjsports-2021-105407>
- Ekstrand, J., Waldén, M., & Hägglund, M. (2016). Hamstring injuries have increased by 4% annually in men's professional football, since 2001: A 13-year longitudinal analysis of the UEFA Elite Club injury study. *British Journal of Sports Medicine*, 50(12), 731-737. <https://doi.org/10.1136/bjsports-2015-095359>
- Huygaerts, S., Cos, F., Cohen, D. D., Calleja-González, J., Guitart, M., Blazevich, A. J., & Alcaraz, P. E. (2020). Mechanisms of hamstring strain injury: Interactions between fatigue, muscle activation and function. *Sports*, 8(5), 1-15. <https://doi.org/10.3390/sports8050065>
- Lovell, R., Knox, M., Weston, M., Siegler, J. C., & Brennan, S. (2018). Hamstring injury prevention in soccer: Before or after training? *Scandinavian Journal of Medicine & Science in Sports*, 28(2), 658-666. <https://doi.org/10.1111/sms.12925>
- Lovell, R., Whalan, M., Marshall, P. W. M., Sampson, J. A., & Siegler, J. C. (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. <https://doi.org/10.1111/sms.13226>
- McCall, A., Pruna, R., Van der Horst, N., Dupont, G., Buchheit, M., Coutts, A. J., & Impellizzeri, F. M. (2020). Exercise-based strategies to prevent muscle injury in male elite footballers: An expert-led Delphi survey of 21 practitioners belonging to 18 teams from the Big-5 European Leagues. *Sports Medicine*, 50(9), 1667-1681. <https://doi.org/10.1007/s40279-020-01315-7>
- 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), 1026-1033. <https://doi.org/10.1123/ijsp.2018-0780>
- Mendiguchia, J., Conceição, F., Edouard, P., Fonseca, M., Pereira, R., Lopes, H., & Jiménez-Reyes, P. (2020). Sprint versus isolated eccentric training: Comparative effects on hamstring architecture and performance in soccer players. *PLOS ONE*, 15(2), 1-19. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0228283>
- Raya-González, J., Torres Martin, L., Beato, M., Rodríguez-Fernández, A., & Sanchez-Sanchez, J. (2023). The effects of training based on Nordic hamstring and sprint exercises on measures of physical fitness and hamstring injury prevention in U19 male soccer players. *Research in Sports Medicine*, 31(5), 588-603. <https://doi.org/10.1080/15438627.2021.2010206>
- Suarez-Arrones, L., Nakamura, F. Y., Maldonado, R. A., Torreno, N., Di Salvo, V., & Mendez-Villanueva, A. (2021). Applying a holistic hamstring injury prevention approach in elite football: 12 seasons, single club study. *Scandinavian Journal of Medicine & Science in Sports*, 31(4), 861-874. <https://doi.org/10.1111/sms.13913>
- van der Horst, N., Smits, D.-W., Petersen, J., Goedhart, E. A., & Backx, F. J. G. (2015). The preventive effect of the Nordic hamstring exercise on hamstring injuries in amateur soccer players: A randomized controlled trial. *The American Journal of Sports Medicine*, 43(6), 1316-1323. <https://doi.org/10.1177/0363546515574057>
- Vianna, K. B., Rodrigues, L. G., Oliveira, N. T., Ribeiro-Alvares, J. B., & Baroni, B. M. (2021). A preseason training program with the Nordic hamstring exercise increases eccentric knee flexor strength and fascicle length in professional female soccer players. *International Journal of Sports Physical Therapy*, 16(2), 459-467. <https://doi.org/10.26603/001c.19452>

9 Anexos

9.1 Cuadro resumen artículos empleados

Tabla 1

Cuadro resumen artículos empleados

Autor/es y año de publicación	Tipo de artículo	Objetivos del artículo	Muestra	Variables	Resultados
Amundsen et al. (2022)	Ensayo controlado aleatorizado.	Comparar el efecto del entrenamiento de NHE de alto y bajo volumen en la fuerza excéntrica de isquiosurales y rendimiento físico en futbolistas.	32 futbolistas femeninas de 2ª división noruega, divididas en grupos de alto y bajo volumen de entrenamiento.	Volumen de entrenamiento, fuerza excéntrica, altura de salto, velocidad de sprint.	Ambos grupos, tanto el de alto volumen como el de bajo volumen, lograron un incremento significativo en la fuerza excéntrica de los isquiosurales (15.3% y 13.8%, respectivamente). No se observaron diferencias significativas entre los

					grupos en el rendimiento de salto y sprint.
Augustsson et al. (2023)	Estudio experimental.	Investigar la fuerza de los flexores de rodilla a diferentes velocidades del NHE en atletas de élite.	22 deportistas élite (fútbol y atletismo), con edades entre 17 y 31 años, evaluados en variantes de NHE.	Fuerza de los flexores de rodilla en variantes rápida y lenta del NHE.	La variante rápida del NHE mostró una generación de fuerza significativamente mayor (20%) en los flexores de rodilla que la variante estándar lenta.
Cadu et al. (2022)	Estudio de cohorte.	Evaluar si un programa de bajo volumen de NHE aumenta la fuerza excéntrica y reduce la incidencia de lesiones de isquiosurales en futbolistas.	46 futbolistas masculinos de la 1ª división francesa, sometidos a un programa de bajo volumen de NHE.	Volumen de entrenamiento, adherencia, fuerza excéntrica, incidencia de lesiones de isquiosurales.	Los participantes que realizaron un programa de bajo volumen de NHE tuvieron una mejora promedio del 22% en fuerza excéntrica y reducción del 45% en la tasa de lesiones de isquiosurales durante el período de intervención, con una alta adherencia al protocolo.

Lovell et al. (2018)	Estudio experimental.	Determinar si la realización del NHE antes o después del entrenamiento influye en la fuerza excéntrica y adaptaciones musculares de los isquiosurales.	42 futbolistas amateur masculinos entre 18-28 años, divididos aleatoriamente en dos grupos. Un grupo realizó el NHE antes del entrenamiento, y el otro grupo, después del entrenamiento. Ambos evaluados durante 8 semanas.	Momento de ejecución (antes/después del entrenamiento), fuerza excéntrica, adaptaciones musculares.	Mejoras del 18% en la fuerza excéntrica de los isquiosurales tanto en el grupo que realizó el NHE antes del entrenamiento como en el que lo realizó después. No se encontraron diferencias significativas en las adaptaciones musculares entre ambos grupos.
Medeiros et al. (2020)	Ensayo controlado aleatorizado.	Comparar los efectos de realizar el NHE una o dos veces por semana sobre la fuerza excéntrica de isquiosurales en	32 jugadores de fútbol masculino, de 18-23 años, en equipos de alto rendimiento. Divididos en dos grupos según la frecuencia de entrenamiento semanal:	Frecuencia de entrenamiento semanal, fuerza excéntrica, arquitectura muscular.	El grupo que realizó NHE dos veces por semana tuvo un aumento del 25% en la fuerza excéntrica. El grupo que lo realizó una vez por semana incrementó un 14%. Se registraron cambios positivos en la arquitectura

		jugadores de fútbol de alto nivel.	1 vez por semana (n=16) y 2 veces por semana (n=16), evaluados durante 6 semanas.		muscular, como una mayor longitud de fascículos en ambos grupos.
Raya-González et al. (2023)	Ensayo controlado aleatorizado.	Analizar los efectos de un programa combinado de NHE y sprints en el rendimiento físico y prevención de lesiones en futbolistas jóvenes.	49 futbolistas sub-19 masculinos, distribuidos en dos grupos: grupo experimental que realizó un programa combinado de NHE y sprints progresivos, y un grupo control que siguió su rutina estándar de entrenamiento. Evaluados durante 10 semanas.	Desempeño en sprints, cambios de dirección, incidencia de lesiones.	El grupo experimental, mejoró un 10% en el rendimiento de sprints y mostró una reducción del 30% en la incidencia de lesiones en comparación con el grupo control, que no tuvo cambios significativos.

Suarez-Arrones et al. (2021)	Estudio de cohorte longitudinal.	Investigar el efecto preventivo de un programa de entrenamiento funcional sobre los isquiosurales en jugadores de fútbol profesional.	228 futbolistas profesionales de un club europeo élite (ACF Fiorentina), evaluados durante 12 temporadas consecutivas (2008-2020). Incluyó un programa de prevención basado en fortalecimiento excéntrico, control de cargas y optimización de recuperación.	Tasa de lesiones, carga de lesiones, reincidencias, adherencia.	El programa de prevención redujo la incidencia de lesiones de isquiosurales de 0.7 a 0.2 por cada 1000 horas de exposición. No se registraron casos de reincidencia, y los días de absentismo disminuyeron significativamente en las temporadas con intervención.
Vianna et al. (2021)	Cuasi-experimental.	Investigar los efectos de un programa de pretemporada de NHE en la fuerza de flexores de rodilla y longitud de	33 futbolistas femeninas brasileñas (20 profesionales y 13 amateur). Todas realizaron un programa	Fuerza de flexores de rodilla, longitud de fascículos del bíceps femoral.	Tras el programa de pretemporada, se registró un incremento del 15% en la longitud de los fascículos musculares y del 18% en la fuerza excéntrica de los flexores de rodilla

		fascículos musculares en futbolistas femeninas profesionales.	de pretemporada de 4 semanas que incluyó 3 sesiones semanales de NHE combinadas con ejercicios específicos de fuerza.		en la mayoría de las futbolistas, independientemente de su nivel inicial (profesional o amateur).
--	--	---	---	--	---