



Facultad de
Ciencias de la
Rehabilitación

**EFFECTIVIDAD DEL ENTRENAMIENTO NÓRDICO DE ISQUIOTIBIALES EN LA
MODIFICACIÓN DE LA FUERZA Y ARQUITECTURA MUSCULAR EN
FUTBOLISTAS: UNA REVISIÓN SISTEMÁTICA**

Proyecto investigativo para licenciatura para optar al grado de Licenciado en
Kinesiología

Autores:

Paulo Aguirre Ogalde

Sebastián Ahumada Muñoz

Javier Crisosto Saldías

Renato Galleguillos Oses

Felipe Herrera Mena

Profesor tutor:

Dr. Luis Peñailillo Escarate

Santiago, Chile

2022

ABSTRACT

El fútbol es uno de los deportes más populares a nivel mundial. Sin embargo, existe una alta prevalencia de lesiones, donde la lesión de isquiotibiales es la más frecuente. Los clubes pierden el 10-30% de la nómina de jugadores debido a lesiones musculares al año. El ejercicio nórdico de isquiotibiales (NHE del inglés Nordic hamstrings exercise), es un ejercicio excéntrico el cual desarrolla un torque máximo de fuerza excéntrica en los isquiotibiales lo cual generaría una serie de cambios y adaptaciones en el músculo, que ha mostrado reducir las lesiones en un 36%. Dentro de los factores modificables a raíz de la intervención del NHE podemos destacar la arquitectura muscular, fuerza excéntrica máxima absoluta, fuerza excéntrica máxima relativa, fuerza isokinética excéntrica absoluta y fuerza isométrica máxima absoluta. Así, el propósito de esta revisión sistemática fue determinar la efectividad del entrenamiento con ejercicio nórdico de isquiotibiales sobre la modificación de la fuerza y arquitectura musculares de estudios controlados randomizados y no controlados reportados en futbolistas hombres. **Metodología:** Esta revisión sistemática se realizó con la información recopilada de los artículos originales publicados en las bases de datos: PubMed, Scopus y WOS. Los criterios de elegibilidad fueron: futbolistas hombres, activos en el ámbito deportivo, exposición a ejercicio nórdico durante al menos 4 semanas de entrenamiento e investigaciones que muestren resultados relacionados con los factores modificables. Además, para evaluar la calidad metodológica y riesgo de sesgo del artículo, se utilizó la escala de PEDro (del inglés Physiotherapy Evidence Database). Finalmente, se realizó una revisión sistemática con análisis y comparación cuantitativos del tamaño del efecto (effect size). **Resultados:** *Fuerza excéntrica máxima absoluta:* (\bar{X} =9,73% de cambio post NHE ; ES \bar{X} =0,64), *Fuerza excéntrica relativa:* (\bar{X} =0,12% de cambio post NHE ; ES \bar{X} =0,68). *Fuerza isokinética excéntrica máxima:* (\bar{X} =6,66% de cambio post NHE; ES \bar{X} =0,28) *Fuerza isométrica:* (\bar{X} =7,08% de cambio post NHE ; ES \bar{X} =1,69), *Arquitectura muscular* (\bar{X} =6,24% de cambio post NHE ; ES \bar{X} =0,42). **Conclusión:** La aplicación de un protocolo de NHE en un mínimo de 4 semanas aumenta la fuerza muscular excéntrica máxima absoluta, fuerza isométrica y fuerza excéntrica isokinética máxima y la arquitectura muscular (longitud de los fascículos), independiente de la edad de la muestra, la variable más estudiada que en

éste caso es la fuerza excéntrica máxima absoluta mostró un aumento, no obstante es posible que esta forma de medición de no sea la más óptima para evidenciar resultados fidedignos porque consiste en ser el promedio de fuerza excéntrica máxima realizada en comparación con el peso corporal del individuo (Fuerza N/Peso corporal del sujeto Kg). No obstante, a pesar de la amplia gama de evidencia del NHE y su efectividad modificando las diferentes variables estructurales y fisiológicas, dicho efecto no ha sido investigado específicamente centradas en la población de futbolistas (a excepción de los artículos incluidos en esta revisión), es por esto que futuras investigaciones podrían aportar al desarrollo de un nuevo manual que reemplace al FIFA11+ mediante evidencia del NHE comparado con otras intervenciones (sprint, sentadillas, etc.). Es muy importante que la persona responsable de implementar y ejecutar el entrenamiento nórdico para isquiotibiales tenga en cuenta aspectos tales como, el costo efectividad que tiene el NHE, puesto que creemos firmemente que este ejercicio es excesivamente necesario en el fútbol, puesto que brindará beneficios y se adaptara al tiempo y situación que se encuentre el equipo y jugador. Puesto que, al presentar efectos tempranamente ayudará a corregir rápidamente indicadores de futuras lesiones del músculo isquiotibial. Además, el NHE tiene la característica que es adaptable a cualquier periodo de entrenamiento ya sea en pretemporada o en medio de una competición y/o usar a modo de calentamiento o enfriamiento. A pesar de que aún se carece información que pueda hacer este ejercicio aún más específicamente beneficioso para el fútbol, gracias a estudios anteriores y a esta revisión sistemática podemos afirmar y fundamentar el beneficio que trae el ejercicio nórdico en las modificaciones de variables que conlleva finalmente a la prevención de lesiones en futbolistas.

INTRODUCCIÓN

El fútbol es el deporte más popular a nivel mundial. Es un deporte de balón y de contacto, y exige muchas habilidades técnicas y tácticas del jugador individual. Debido a la popularidad y las características del fútbol, cabe esperar un gran número de lesiones. Se han descrito los factores de riesgo de lesiones en deportes al aire libre, con un alto índice de saltos y con contacto físico (Backx et al., 1991). La incidencia de lesiones oscila entre 2,3 por 1000 horas de práctica y 14,8 por 1000 horas de juego (Giza & Micheli., 2005). Junto a eso un jugador sufre un valor promedio de 2,0 lesiones por temporada y, por lo tanto, un equipo con normalmente 25 jugadores puede esperar unas 50 lesiones cada temporada (Ekstrand et al., 2011a). Un jugador lesionado se traduce en un rendimiento nulo en el equipo ya que no puede competir, al menos, en condiciones adecuadas. Las lesiones musculares son las más frecuentes en el fútbol (Ekstrand et al., 2008). Estudios anteriores le atribuyen la responsabilidad en la prevención de lesiones a las variables de fuerza excéntrica máxima absoluta y longitud de los fascículos. Sin embargo, no se toma en cuenta la posible capacidad del NHE para modificar tanto la fuerza isokinética excéntrica máxima absoluta, fuerza excéntrica relativa y fuerza isométrica máxima absoluta. El motivo por el cual se investigaron los efectos del NHE sobre las variables de la fuerza y arquitectura muscular, es que hay estudios que evidencian que un aumento en la fuerza excéntrica máxima y longitud de los fascículos del músculo isquiotibial puede disminuir la probabilidad de lesión entre un 65 a 70% (Van Der Horst et al., 2015). Por ende, la aplicación del protocolo del NHE podría ser beneficioso tanto para los jugadores como para el club, ya que, disminuye la ausencia de estos en los partidos y los costos invertidos en la rehabilitación. Cabe mencionar que el momento en el que más se lesionan los futbolistas es durante la fase final de la carrera durante el balanceo, al momento de frenar la extensión de la rodilla y la flexión de la cadera (Opar et al., 2012). En esa misma línea, la característica del NHE es que se lleva a cabo una fuerza excéntrica a medida que el músculo isquiotibial se estira, activándose mientras busca controlar la extensión de la rodilla y flexión de la cadera. El objetivo de ésta revisión sistemática, es resumir los resultados de los estudios analizados que cumplieron con los criterios de inclusión y que fueron seleccionados para evidenciar la efectividad del NHE en la modificación de las variables de fuerza excéntrica máxima absoluta, fuerza isokinética excéntrica máxima absoluta, fuerza excéntrica relativa, fuerza isométrica

máxima absoluta y la longitud de los fascículos. Por otro lado, cabe mencionar que se presentarán las características de la muestra tales como, la edad (años), peso (kg) y estatura (cm). Para esto se realizará, una búsqueda en las bases de datos de PubMed, Scopus y WOS siguiendo las recomendaciones de la declaración PRISMA (del inglés Preferred Reporting Items for Systematic reviews and Meta-Analyses). Para evaluar el riesgo de sesgo y la calidad de la metodología de los artículos seleccionados se utilizará la escala de PEDro. Finalmente resumir y presentar los hallazgos de los artículos científicos que evidencian los cambios debido a la exposición al NHT (del inglés nordic hamstring training), los cuales se cuantifican mediante el tamaño de efecto (ES) en las variables de fuerza excéntrica máxima absoluta, fuerza excéntrica relativa, fuerza isokinética excéntrica máxima, fuerza isométrica y arquitectura muscular. Por lo tanto, dentro de éste PIL se resumen los artículos que han demostrado la efectividad del ejercicio nórdico de isquiotibiales o NHE en la modificación de la fuerza muscular y arquitectura muscular, específicamente sobre la fuerza excéntrica máxima, fuerza isokinética excéntrica máxima, fuerza excéntrica relativa, fuerza isométrica y la longitud de los fascículos en jugadores de fútbol.

MARCO TEÓRICO

Según el estudio de Pfirmann et al. (2016) las lesiones musculares representan el 50% de las lesiones ocurridas en el fútbol, el muslo es la parte que se lesiona con mayor frecuencia, donde los isquiotibiales representan el 15% de las lesiones musculares en el fútbol. Las lesiones en el fútbol han sido muy bien documentadas, sobre todo en estas últimas dos décadas, en donde se implementó el estudio de “Lesiones en Clubes de Élite” de la UEFA, éste estudio demostró que las lesiones de los músculos isquiotibiales son consideradas las más prevalentes en futbolistas profesionales representando un 12% de todas las lesiones de futbolistas (Ekstrand et al., 2016a). La prevalencia de estas lesiones sigue aumentando 2,3% en los últimos 13 años y la recurrencia es habitual pudiendo afectar a más de la mitad de los jugadores que han sufrido una previa lesión de isquiotibiales (Ekstrand et al., 2020). En general, un equipo de fútbol con 25 jugadores puede esperar unas 15 lesiones musculares por temporada, de un total de 2908 lesiones musculares ocurridas en una temporada, las de isquiotibiales corresponden a un 37% de ese total (Ekstrand et al., 2011b). Los defensores laterales son los jugadores que con mayor frecuencia se lesionan, seguidos por los mediocampistas y defensores centrales (Harley et al., 2010; Ekstrand et al., 2011c). Se ha establecido que el acondicionamiento excéntrico de los flexores de la rodilla podría reducir el riesgo de lesión de los isquiotibiales. Actualmente los investigadores se han centrado en mejorar la contracción excéntrica de los isquiotibiales y proponen un entrenamiento de fuerza excéntrica, incluyendo el ejercicio nórdico de isquiotibiales (NHE) como estrategia de prevención de lesiones de este grupo muscular (Yagiz et al., 2021).

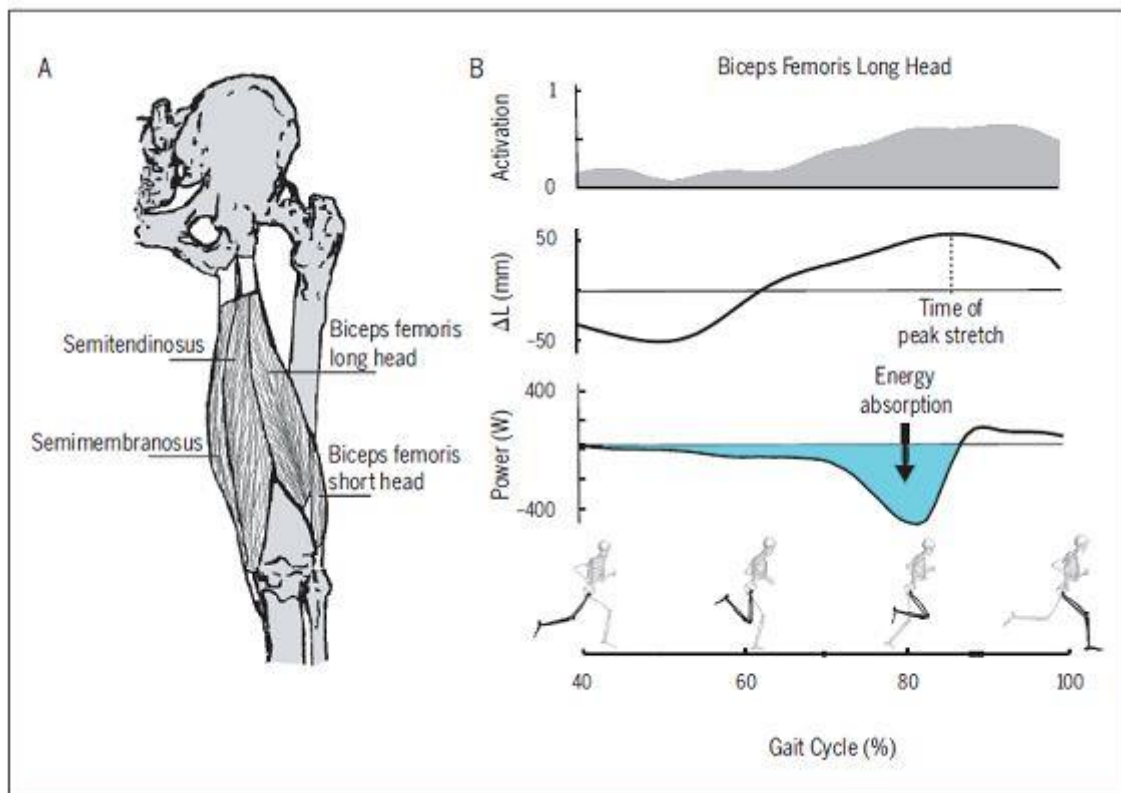


Figura 1: Presenta anatomía de los músculos isquiotibiales, bíceps femoral cabeza larga y corta, semimembranoso y semitendinoso, además la activación neuromuscular, tiempo de estiramiento y la fase en la cual la carrera logra su mayor absorción de energía.

Las lesiones de isquiotibiales se comprenden como lesiones musculares o tendinosas que afectan a uno o más del grupo muscular posterior del muslo (semimembranoso, semitendinoso y bíceps femoral de cabeza larga o corta). Se ha reportado que el tiempo perdido por lesión en futbolistas varía entre 0 y 50 días con un tiempo promedio aproximado de 3 semanas, aunque, el tiempo de recuperación depende del tipo de lesión (MacDonald et al., 2019). La mediana de tiempo de recuperación de lesiones fue de 21 días, mientras que el tiempo medio de recuperación para las lesiones del músculo semimembranoso fue de 32 días, el músculo bíceps femoral fue de 21 días, y para todas las lesiones del semitendinoso fue de 14 días (Comin et al., 2013). En el fútbol europeo de élite, el promedio de ausencia es de 6 días para lesiones musculares funcionales (tasa de reincidencia de 16% y 9 días adicionales de ausencia), y 18 días para lesiones musculares estructurales (tasa de reincidencia de 17,5% y 21,5 días adicionales de ausencia). Se estima que los clubes pierden el 10-30% de la nómina de jugadores debido a lesiones (Ekstrand et al., 2020). Aproximadamente el 25% de

las lesiones son graves según Hägglund & Waldén. (2016). La mayoría de las lesiones dieron lugar a ausencias de más de 1 semana (58%), y el 11% fueron graves, causando ausencias de más de 4 semanas en los entrenamientos y partidos, la lesión por distensiones de isquiotibiales se destaca como la segunda lesión con mayor tasa de incidencia en la temporada, resultando en 14 partidos perdidos y 55 ausencias a entrenamientos (Ekstrand et al., 2011d). Por lo tanto, la prevención de estas lesiones sería un beneficio para los clubes y jugadores, disminuyendo la tasa de ausencia de estos últimos, y la pérdida monetaria para los equipos afectados, debido que la lesión de isquiotibiales representa una gran pérdida tanto monetaria, como de tiempo para los clubes durante el año, ya que al ser una lesión recurrente y la más común en futbolistas, hace que sus actividades cesen hasta que se recuperen y vuelvan a tener actividad en su músculo afectado, el dinero del club se ve afectado ya que se requieren de máquinas para mantener al jugador activo con baja intensidad. Los músculos isquiotibiales son un grupo de tres músculos ubicados en la parte posterior del muslo, estos son: el semitendinoso, semimembranoso y bíceps femoral en su porción de cabeza larga y corta, y participan concéntricamente en la extensión de cadera y flexión de rodilla. El músculo semitendinoso, es un músculo que se origina en la tuberosidad isquiática al igual que las 3 porciones y tiene una inserción en cara medial de la parte superior de la tibia el cual comparte sus funciones con el músculo semimembranoso, tiene una inserción en la parte posterior del cóndilo medial de la tibia, las acciones que realizan estos músculos son la extensión del muslo y flexión de la pierna principalmente y la tercera porción es el músculo bíceps femoral en su porción de cabeza larga, se inserta en el lado lateral de la cabeza de la fíbula y su acción principal es la flexión y rotación lateral de la pierna (Keith L. Moore., 2013). Los isquiotibiales son un grupo muscular complejo que consta de 4 músculos con diferentes arquitecturas y modelos de inervación. El músculo bíceps femoral cabeza larga tiene una longitud fascicularb y un área transversal fisiológica (CSA) intermedia en comparación con los otros músculos isquiotibiales. El músculo bíceps femoral cabeza corta tiene una longitud fascicular larga y un área transversal fisiológica pequeña. El semimembranoso tiene una longitud fascicular corta y un área transversal fisiológica grande. El semitendinoso (ST) tiene un área transversal fisiológica delgada compuesta por fibrillas largas y contiene una gran cantidad de sarcómeros. El ST es un músculo fusiforme con longitudes de fibra largas y más sarcómeros en serie, lo que potencialmente hace que el músculo sea más adecuado para producir fuertes

contracciones excéntricas, como en el ejercicio nórdico de isquiotibiales (NHE) (Schoenfeld et al. 2010).

Existen múltiples maneras de lesionarse, durante un pase, un tiro al arco, una carrera, un salto, etc. Siendo la carrera o sprint la manera más frecuente de lesión en la porción de bíceps femoral (Woods et al., 2004). Dentro de la carrera, los músculos isquiotibiales experimentan una contracción durante la fase final del balanceo, activándose de manera excéntrica en la flexión de cadera y la extensión de rodilla (Opar et al., 2012). En esta posición los isquiotibiales son insuficientes por la longitud que estos alcanzan, debido a esto es que aumenta la probabilidad de lesionarse este músculo sumado al exceso de carga y fuerza excéntrica que se le exige al músculo en la fase final (Afonso et al., 2021a). Los factores de riesgo se dividen en dos: los factores de riesgo modificables que son los factores que podemos cambiar o intervenir y los factores de riesgo no modificables que son en los que no podemos intervenir (Ej. edad, el sexo, la raza y las lesiones previas de carácter musculoesquelético, tanto en los isquiotibiales como en zonas próximas como rodilla, pubis, cuádriceps, etc). Dentro de los factores de riesgo modificable se encuentra resistencia a la fatiga, la flexibilidad del músculo, la falta de fuerza, coordinación muscular y falta de flexibilidad del cuádriceps (de Hoyo et al., 2013a) y también están los factores como aspectos psicosociales, actitudes cardiovasculares, dolor lumbar y nutrición (Afonso et al., 2021b).

El ejercicio nórdico de isquiotibiales o “NHE” es un ejercicio excéntrico bilateral el cual desarrolla un torque máximo de fuerza excéntrica en los isquiotibiales lo cual va a generar una serie de cambios y adaptaciones en el músculo (Van Der Horst et al., 2015a). Este ejercicio, al trabajar la musculatura de ambas extremidades por igual evita que se produzcan asimetrías en la fuerza muscular (disminuyendo así también el riesgo de lesión), este ejercicio se realiza en parejas y es fácil de aplicar ya que no requiere de complejos implementos, por lo tanto, se puede y se recomienda incluir en cualquier plan de entrenamiento, ya que este ejercicio a pesar de tener un efecto principalmente preventivo, se ha demostrado que disminuye las lesiones isquiotibiales entre un 65 a 70% (Van Der Horst et al., 2015b). El NHE se realiza en pareja donde un individuo sostiene los tobillos del ejecutante sin que estos se despeguen del piso y el ejecutante debe estar de rodillas con cadera y tronco alineados. Una vez el ejecutante está listo, comienza el movimiento con un desequilibrio del tronco hacia

adelante realizando una extensión controlada de rodillas manteniendo la cadera en extensión y columna recta. El ejecutante debe mantener codos flexionados y manos adelante en caso de que no pueda realizar el ejercicio por completo, de esta manera evitar golpearse y ayudarse a volver a la posición inicial, quitando carga en la contracción concéntrica (Van Der Horst et al., 2015c). El NHE como ejercicio excéntrico, según los estudios revisados, resulta ser un buen método para prevenir lesiones ya que el tipo de fibra muscular del isquiotibial es principalmente de tipo 1 la cual tarda más en contraerse, por ende, responde mejor a ejercicios de altos números de repeticiones lentas en entrenamientos de tipo excéntrico, en el cual la carga debe aplicarse de manera progresiva, así se preparará al músculo para dar una respuesta adecuada. En el año 2003, el Centro de Investigación y Evaluación Médica de la FIFA desarrolló un programa para jugadores y la prevención de sus lesiones. El "11+" es un programa de 10 ejercicios simples, fáciles, y cortos de ejecutar, más la promoción del juego limpio para reducir las lesiones generadas por faltas, en el cual la incidencia total de lesiones fue reducida en un 36% (Bizzini & Dvorak, 2015), es importante destacar que el programa 11+ incluye el ejercicio nórdico para la prevención de lesiones en los isquiotibiales, por lo cual la incorporación del protocolo NHE en el entrenamiento ha demostrado reducir significativamente la incidencia de lesiones en los isquiotibiales (Van Der Horst et al., 2015d). Sin embargo, a pesar del gran número de estudios originales demostrando la efectividad de la incorporación de NHT en el fútbol, no existen revisiones sistemáticas que midan o evidencien la efectividad del entrenamiento nórdico de isquiotibiales sobre modificaciones estructurales y fisiológicas de los músculos isquiotibiales.

Fuerza muscular

La fuerza excéntrica máxima es la fuerza máxima absoluta producida durante una contracción muscular mientras se estira el músculo, en este caso, el músculo isquiotibial durante el ejercicio de isquiotibial nórdico. Los isquiotibiales desaceleran excéntricamente la extensión de la rodilla y la flexión de la cadera (Alonso-Fernández et al., 2018), por ende, la fuerza excéntrica que ofrezca el músculo isquiotibial (junto con la función que aporta ligamento cruzado anterior) a la articulación de la rodilla ayudará a su estabilización, evitando que la tibia se desplace hacia anterior, por ejemplo: el momento en el que se aterriza de un salto, durante los repetidos cambios

de dirección que ocurren en el fútbol o en la fase final de la carrera. De manera que implementar una estrategia de entrenamiento donde el músculo se active en la fase excéntrica producirá un aumento significativo en la fuerza excéntrica junto con otros cambios estructurales de la musculatura isquiotibial (Rico-González. et al., 2021).

Las pruebas de fuerza de los músculos isquiotibiales excéntricas se utilizan convencionalmente para evaluar a los jugadores de fútbol para el pronóstico, la prevención, la rehabilitación y los procesos de regreso al juego de lesiones por distensión de los isquiotibiales, pero además de la fuerza excéntrica, últimamente la evidencia también respalda el uso de la fuerza isométrica como medio de pronóstico de lesiones (Moreno-Perez et al., 2020). Además, las guías de rehabilitación convencionales para lesiones de isquiotibiales avalan el uso de ejercicio isométrico en la primera etapa del proceso de recuperación para incluir progresivamente ejercicios isotónicos, mientras que los ejercicios de fortalecimiento excéntrico de isquiotibiales solo se recomiendan para las fases finales del proceso de recuperación (Heiderscheit et al., 2010). Por otro lado, las pruebas de fuerza isométrica que implican la flexión de la rodilla son probablemente las pruebas más comunes en el fútbol profesional para las consideraciones de pronóstico de lesiones de isquiotibiales. En particular, existe un interés creciente en la fuerza de flexión de rodilla isométrica de 15° debido a su eficacia para pronosticar el tiempo necesario para volver a jugar (Reurink et al., 2016). No obstante, Nishida et al. (2022) observó que la velocidad angular era baja durante NHE, lo que parecía indicar que los extensores de la rodilla estaban realizando una contracción isométrica en lugar de excéntrica. Por lo tanto, es posible que la fuerza realizada durante el NHE no sea necesariamente un representante de la fuerza excéntrica de los flexores de la rodilla. A pesar del uso cada vez mayor de esta prueba de fuerza de los isquiotibiales para monitorear la rehabilitación y el proceso de regreso al juego después de una lesión en los isquiotibiales, la relación y la intercambiabilidad entre sus resultados no está clara y no hay información para determinar qué prueba se debe usar en éste escenario. En cambio, la fuerza isokinética es la contracción muscular que acompaña a los movimientos de las extremidades a velocidad constante mediante un dinamómetro el cual genera una resistencia directamente proporcional a la fuerza ejercida por el individuo (Baltzopoulos et al., 1989). Según Llorca-Almuzara et al. (2021), los ejercicios isokinéticos representan la mayor activación del bíceps femoral con una media de 81,7% en la contracción isométrica voluntaria máxima (de

sus siglas en inglés MVIC). Además, NHE también logró una activación media muy alta de 76,5% MVIC. De hecho, el NHE con dorsiflexión de tobillo logró la mayor activación de la cabeza larga del bíceps femoral (de sus siglas en inglés BFlh) en esta revisión sistemática con 128% MVIC. La categoría de ejercicio isokinético fue la más alta en activación de de BFlh de todas las categorías. Los ejercicios isokinéticos se han utilizado comúnmente para evaluar, predecir el riesgo de lesión y como criterio para volver a jugar después de una lesión de los músculos isquiotibiales. Además, los resultados de este estudio también respaldan su uso como una forma potencial de fortalecimiento de los isquiotibiales debido a su alta activación del músculo bíceps femoral. De por sí, la fuerza muscular tiene un papel fundamental a la hora de prevenir lesiones ya que ayuda a estabilizar la articulación pues los desequilibrios de fuerza muscular están asociados con mayor riesgo de lesiones, por lo que fortalecer la musculatura puede prevenir lesiones durante el juego o entrenamientos, en este caso, de manera que implementar una estrategia de entrenamiento donde el músculo se active en la fase excéntrica producirá un aumento significativo en la fuerza excéntrica junto con otros cambios estructurales de la musculatura isquiotibial (Rico-González et al., 2021). Siddle et al. (2019) concluyeron en un estudio, que un programa de intervención con el NHE de 6 semanas, mostró mejoras significativas inmediatamente, post intervención, en la fuerza excéntrica de los isquiotibiales y un mejor rendimiento en la prueba de sprint de 10 metros y en la velocidad del cambio de dirección y se mantuvo después de un período de desentrenamiento de 3 semanas. En consecuencia, se puede implementar el NHE, como ejercicio de prevención de lesiones y mejorar, simultáneamente, el rendimiento funcional. Se demostró que los programas de entrenamiento excéntricos parecen producir hipertrofia musculoesquelética temprana. Por lo tanto, las estrategias preventivas de entrenamiento de fuerza también podrían incluir ejercicios, donde los músculos se activen durante la fase excéntrica para una respuesta muscular adecuada (De Hoyo et al., 2015).

Arquitectura de los músculos isquiotibiales

La arquitectura del músculo de la cabeza larga del bíceps femoral ha sido evaluado mediante ecografía muscular y es el resultado más notable relacionado con las

lesiones de isquiotibiales, ya que se ha demostrado que la longitud, puede aumentar un 33% luego de la intervención realizada con NHE, la cabeza larga del bíceps femoral previamente lesionada presentan fascículos significativamente más cortos que los músculos sin lesión previa, lo que podría ser un indicio de porque los músculos previamente lesionados son más propensos a nuevas lesiones (Timmins et al., 2015). El aumento de la longitud del fascículo cambia las relaciones fuerza-velocidad y fuerza-longitud afectando directamente la función muscular, y un músculo con fascículos más largos contiene una mayor cantidad de sarcómeros alineados en serie aumentando la contracción muscular (Lieber et al., 1993), por lo que plantea que los ejercicios capaces de aumentar la longitud del fascículo podrían contribuir a prevenir las lesiones de isquiotibiales. Según Timmins et al. (2016) un aumento del 11% de la longitud de los fascículos permite una disminución de aproximadamente 21% en la probabilidad de lesión de isquiotibiales, por lo que el entrenamiento puede que beneficie la mejora de esta variable, estaría afectando de manera positiva la prevención de lesiones isquiotibiales. La activación neuromuscular dentro del ejercicio nórdico para isquiotibiales (durante un estudio de 9 sesiones en 3 semanas) corrobora que hay un aumento de la longitud de los fascículos y sarcómeros en reposo de la región distal, pero no central del músculo bíceps femoral (Pincheira et al., 2021).

Por lo tanto, el propósito de nuestra investigación fue resumir y demostrar la efectividad que tiene el entrenamiento nórdico de isquiotibiales en modificar las variables de fuerza muscular y arquitectura muscular, las cuales han sido asociadas con prevenir y reducir la probabilidad de tener lesiones en la musculatura isquiotibial. Esta investigación se centra en la población de futbolistas masculinos con y sin lesiones previas de isquiotibiales para evaluar las ventajas que proporciona el NHE en la modificación de las variables arquitectura muscular, fuerza excéntrica máxima absoluta, fuerza excéntrica máxima relativa, fuerza isokinética excéntrica, fuerza isométrica, llevando a cabo una revisión sistemática, con el objetivo de agrupar toda la información respecto a la ejecución. Sin embargo, a pesar de la gran cantidad de investigaciones que respaldan la efectividad del NHE previniendo lesiones de los músculos isquiotibiales, estas no son específicamente en la población de futbolistas, que es donde se busca generar adherencia en el uso de este ejercicio.

METODOLOGÍA

Objetivo General

Resumir mediante una revisión sistemática la efectividad del entrenamiento con el ejercicio nórdico de isquiotibiales sobre la modificación de los factores de fuerza muscular y arquitectura muscular en futbolistas hombres.

Objetivos Específicos

- 1) Realizar una revisión sistemática en bases de datos Pubmed, Scopus y WOS sobre la efectividad del entrenamiento nórdico para isquiotibiales sobre la modificación de variables fuerza excéntrica máxima absoluta, fuerza excéntrica relativa, fuerza isokinética excéntrica máxima, fuerza isométrica y longitud de los fascículos en futbolistas.
- 2) Seleccionar por medio de título y abstract los artículos científicos que califiquen dentro de los criterios de exclusión e inclusión a la investigación.
- 3) Extraer y resumir la información de los artículos seleccionados.
- 4) Resumir y presentar los hallazgos de los artículos científicos que evidencian los cambios en fuerza excéntrica máxima absoluta, fuerza excéntrica relativa, fuerza isokinética excéntrica máxima, fuerza isométrica y longitud de los fascículos producto de la ejecución del entrenamiento nórdico de isquiotibiales. Para esta revisión sistemática, se seguirán las recomendaciones de la declaración PRISMA.

Criterios de elegibilidad

Se incluyeron artículos originales, estudios aleatorizados controlados (RCT, del inglés Randomized Controlled Trial) y no RCT que cumplan con los siguientes aspectos, definidos mediante metodología PICOS (del inglés Patient, Intervention, Comparison, Outcome Study design), futbolistas profesionales o amateurs, que sean activos en el ámbito deportivo, que hayan sido sometidos a ejercicio nórdico durante al menos 4 semanas de entrenamiento, los resultados pueden ser comparados o no con un grupo control o comparador, que los resultados principales sean medibles tales como la fuerza excéntrica máxima absoluta, fuerza excéntrica relativa, fuerza excéntrica isokinética máxima, fuerza isométrica de isquiotibiales y la longitud de los fascículos. Los criterios de exclusión para nuestra investigación serán: futbolistas del género femenino, que sean participantes de otro deporte que no sea fútbol, futbolistas de

categoría Senior/Master, que las variables que se muestran en los artículos científicos no hayan sido medidas y estudios transversales y longitudinales y finalmente artículos que no estén en idioma inglés o español.

Fuentes de información y bases de datos

Esta revisión sistemática se realizó con la información recopilada de los artículos originales publicados en las siguientes bases de datos: PubMed, Scopus y WOS, los cuales cumplieron con los criterios de elegibilidad previamente mencionados.

Estrategia de búsqueda: (("Football" OR "soccer") AND ("Eccentric hamstrings exercise" OR "Eccentric hamstrings training" OR "Nordic hamstrings exercise" OR "Nordic hamstrings training")) AND (("Muscle strength" OR "Muscle torque" OR "Muscle force" OR "Maximal voluntary contraction" OR "MVC") OR ("Muscle architecture" OR "Muscle length" OR "Fascicle length") OR ("Stiffness" OR "Elasticity") OR ("Muscle activation" OR "Muscle activity" OR "Electromyography"))

Selección de los estudios

Se aplicaron las estrategias de búsqueda y los artículos encontrados fueron ingresados en la plataforma rayyan (<https://www.rayyan.ai/>) la cual eliminó los duplicados, los artículos restantes fueron divididos y revisados de forma equitativa por los cinco estudiantes (P.A, S.A, J.C, R.G, F.H) según título y abstract, los artículos en conflictos fueron resueltos por el docente a cargo (L.P), los artículos aprobados se leyeron por completo y se verificó que cumplieran con todos los criterios de inclusión o de exclusión.

Extracción de información

De los artículos seleccionados, la información para esta revisión sistemática fue extraída por cinco estudiantes (P.A, S.A, J.C, R.G, F.H), mediante una planilla excel la cual sintetizó toda la información del artículo original publicado seleccionado identificando: Título, resumen del artículo, tipo, tamaño de la población y grupos,

tiempo y tipo de intervención, dosificación y resultados principales y significancia de los resultados.

Evaluación del riesgo de sesgo

Para evaluar la calidad metodológica y riesgo de sesgo del artículo, se utilizó la escala de PEDro (Maher et al., 2003). La escala PEDro fue desarrollada para ayudar a los investigadores a identificar de manera rápida y eficiente los artículos científicos que tienden a ser validados internamente y tener suficiente información estadística para guiar en la toma de decisiones clínicas. A cada ensayo se le da una puntuación total PEDro, cuyo rango va de 0 a 10.

Medidas de efecto

Se realizó una revisión sistemática con análisis cuantitativo y comparación cuantitativa del tamaño de efecto (effect size=ES), utilizando los promedios y desviaciones estándar de los estudios incluidos.

Métodos de síntesis

En base a la tabla de extracción de datos se realizó un análisis cualitativo considerando los resultados de la escala de PEDro y su resultado de calidad metodológica

Selección de estudios

Identification of studies via databases and registers

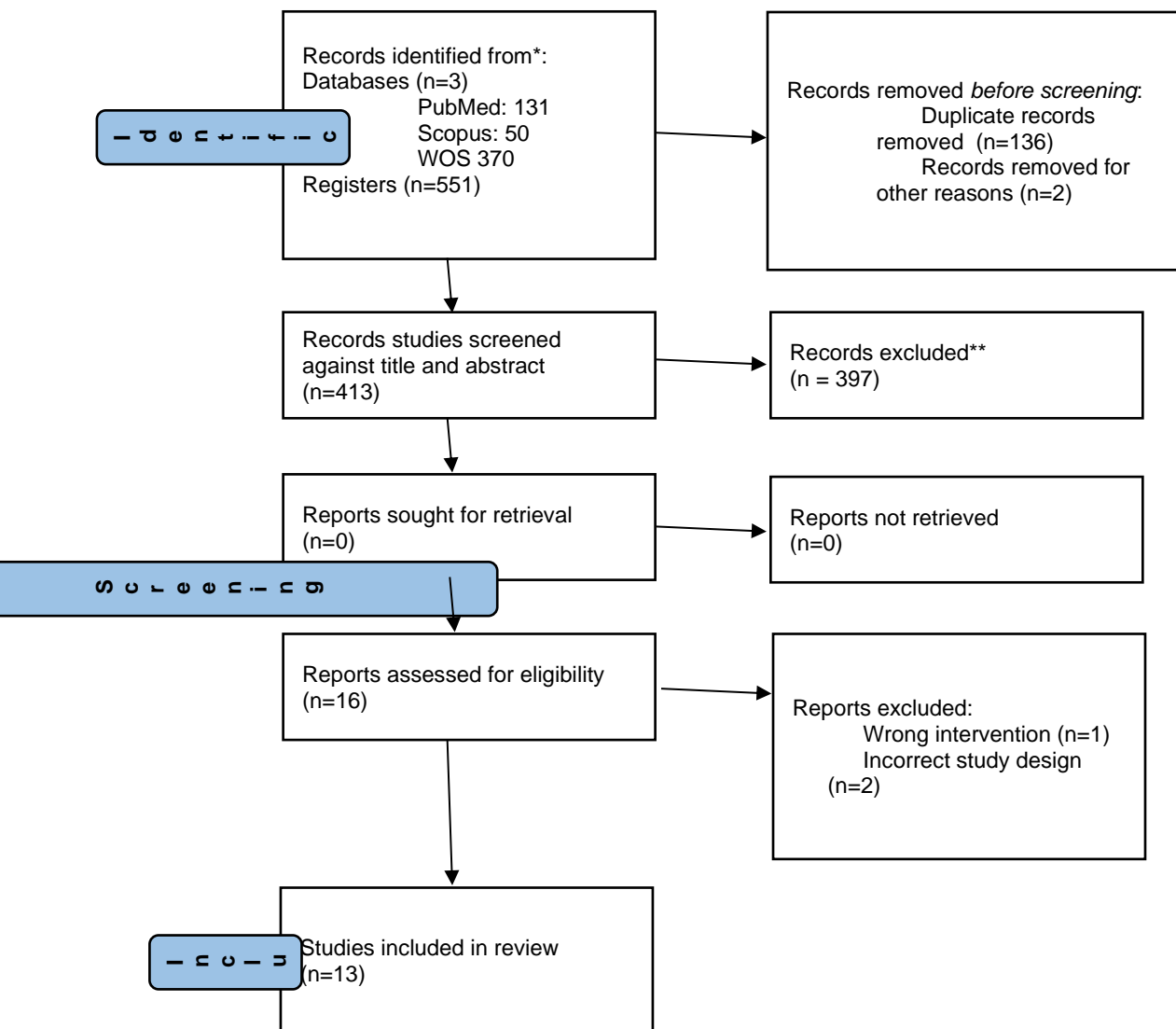


Figura 2: Diagrama de flujo PRISMA de la selección de artículos, En la fase de identificación de los artículos científicos se utilizaron tres bases de datos para la búsqueda que resultó en un total de 551 artículos encontrados, luego de esto se eliminaron 136 por duplicados, y 2 por otras razones. En la fase de barrido fueron eliminados por título y abstract 397, fueron elegidos 16 artículos de los cuales fueron eliminados 3 por intervención equivocada y diseño de estudio incorrecto, resultando 13 artículos científicos incluidos en la revisión sistemática.

RESULTADOS

Características de los estudios incluidos

La Tabla 1 muestra las características de los estudios incluidos evaluados según la calidad metodológica medida a través de la escala de PEDro (Maher et al., 2003). Se ve evidenciado que todos los artículos seleccionados cumplen con el criterio: “datos de media y variabilidad”, seguido por el criterio de “mencionar criterios de inclusión y fuente” que la cumplen 92,31% de los artículos a excepción de Mjølsnes et al. (2004), el criterio “análisis por intención de tratar” y “comparación entre grupos” las cumplen un 84,62% de los artículos a excepción de los estudios de Lehnert et al. (2017) y Brito et al. (2010) que no los cumplen. El criterio “Las medidas de al menos uno de los resultados clave fueron obtenidas de más del 85% se cumple en un 76,92%, “asignación al azar” y “comparabilidad al inicio” se cumplen en un 69,23% de los estudios, seguido por “asignación oculta” que se cumple con un 38,46%, “sujetos cegados” se cumple en un 15,38% de los artículos los cuales son Medeiros et al. (2020) y Lovell et al. (2018), finalmente evaluadores cegados lo cumple solamente el estudio de Ishøi et al. (2018) y el criterio “terapeutas cegados” no lo cumple ningún artículo científico de esta revisión sistemática.

Tabla 1: Calidad metodológica (Escala de PEDro)

Artículo/criterio	Inclusión y fuente	Asignación al azar	Asignación oculta	Comparabilidad al inicio	Sujetos cegados	Terapeutas cegados	Evaluadores cegados	Resultados por encima de 85%	Análisis por intención de tratar	Comparación entre grupos	Datos de media y variabilidad	TOTAL
Mendiguchía et al. (2020)	1	1	1	1	0	0	0	0	1	1	1	7
Small et al. (2009)	1	1	0	0	0	0	0	1	1	1	1	6
Naclerio et al. (2013)	1	1	1	1	0	0	0	1	1	1	1	8
Siddle et al. (2022)	1	0	0	0	0	0	0	1	1	1	1	5
Lovell et al. (2018)	1	1	1	0	1	0	0	1	1	1	1	8
Suárez-Arronez et al. (2019)	1	0	0	0	0	0	0	1	1	1	1	5
Drury et al. (2020)	1	1	1	1	0	0	0	0	1	1	1	7
Ishøi et al. (2018)	1	1	0	1	0	0	1	1	1	1	1	8
Mjøsnes et al. (2004)	0	1	0	1	0	0	0	1	1	1	1	6
Lacome et al. (2020)	1	1	0	1	0	0	0	1	1	1	1	7
Medeiros et al. (2020)	1	1	1	1	1	0	0	0	1	1	1	8
Brito et al. (2010)	1	0	0	1	0	0	0	1	0	0	1	4
Lehnert et al. (2017)	1	0	0	1	0	0	0	1	0	0	1	4
PROMEDIO	12	9	5	9	2	0	1	10	11	11	13	6.58
%	92,31%	69,23%	38,46%	69,23%	15,38%	0,00%	7,69%	76,92%	84,62%	84,62%	100,00%	50.64%

Características de los participantes

Las características de los participantes de los artículos agregados, fueron futbolistas de sexo masculino, con un promedio de edad de $17,4 \pm 1,44$ años, que mientras se participaba en los estudios estuvieran inscritos en un equipo y en una competición de fútbol profesional/inferiores/semi-profesional. Estatura de $178,8 \pm 7,09$ cm, rango de peso $67,7 \pm 7,38$ kg. En cuanto a nivel de fútbol, hay 7 artículos científicos que su muestra son futbolistas semiprofesionales, 3 donde son cadetes (inferiores) y 3 donde son futbolistas profesionales.

Fuerza excéntrica máxima absoluta

Se presentan en la Tabla 2 los estudios que midieron la variable fuerza excéntrica máxima absoluta. En el estudio de Medeiros et al. (2020), que evaluó 2 grupos expuestos a NHT grupo 1 (llevó a cabo NHE 2 veces por semana) y grupo 2 (llevó a cabo NHE 1 vez por semana) en el grupo 1 mostró un tamaño de efecto mediano ($ES=0,5$) lo que evidencia que el protocolo de entrenamiento es moderadamente efectivo modificando la fuerza excéntrica máxima de isquiotibiales. Sin embargo, el grupo 2 mostró un tamaño de efecto pequeño ($ES=0,05$) modificando la fuerza excéntrica máxima. Interesantemente, Ishøi et al (2018) demostró que la fuerza excéntrica máxima absoluta aumentó un 19,19% (38,3 N) promedio en el grupo que realizó un protocolo de NHE durante 10 semanas en comparación al grupo control el cual disminuyó sus niveles de fuerza en un 2,17% (-8,3 N) promedio. Por otro lado, Mjølsnes et al. (2004) demostró que la fuerza excéntrica máxima del grupo que realizó NHE durante 10 semanas aumentó en un 11,25% (27 N) en comparación con el grupo que realizó curl de isquiotibiales los cuales no tuvieron un cambio significativo según lo que presentan los autores. Finalmente, Suárez-Arronez et al. (2019) llevó a cabo en su estudio un protocolo de entrenamiento nórdico de de 17 semanas, comparando 3 grupos, el grupo 1 (no habían realizado entrenamiento nórdico previamente) en el pick de fuerza tuvo un porcentaje de cambio de 15,69% teniendo un tamaño de efecto alto ($ES=0,84$) , el grupo 2 (ya había realizado entrenamiento nórdico previamente) tuvo 1,46% de porcentaje de cambio obteniendo un tamaño del efecto pequeño ($ES=0,11$).

Tabla 2: Fuerza excéntrica máxima absoluta.

Autores	Tipo de estudio	Grupos	Muestras (N°)	Edad	S.D	Duración	Protocolo entrenamiento	NHE				GRUPO CONTROL/COMPARADOR							
								PRE		POST				PRE		POST			
								\bar{X}	σ	\bar{X}	σ	% de cambio	ES	\bar{X}	σ	\bar{X}	σ	% de cambio	E.S
Ishøi L et al. (2018)	RCT	Grupo NHE(n=11) Grupo control (N=14)	25	21.5	3.03	10 semanas	Semana 1: 1 sesión, 2 series X 5 rep. / Semana 2: 2 sesiones, 2 series X 6 rep. /Semana 3: 3 series, 3 sesiones X 8-19 rep. / Semana 4: 3 sesiones, 3 series X 8-10 rep. / Semana 5-10: 3 sesiones, 3 series X 12, 10, 8	321.5	50.7	383.2	68.6	19.19%	1.03	382	70.9	373.7	62.1	-2.17%	-0.12
Mjølsnes et al. (2004)	RCT	Grupo curl isquiotibial (10) Grupo NHE(n=11)	21	-	-	10 semanas	Semana 1: 1 sesión, 2 series X 5 rep. / Semana 2: 2 sesiones, 2 series X 6 rep. /Semana 3: 3 series, 3 sesiones X 8-19 rep. / Semana 4: 3 sesiones, 3 series X 8-10 rep. / Semana 5-10: 3 sesiones, 3 series X 12, 10, 8	240	39.72	267	43.03	11.25%	0.65	NO HUBO CAMBIO SIGNIFICATIVO					
Medeiros et al. (2020)	RCT	Grupo 1: NHE 1x/Wk (=15) Grupo 2: NHE: 2x/Wk (=17)	32	18,80 18,47	1,74 1,07	8 semanas	Semana 1: 1 o 2 sesiones, 2 x 6 reps. Semana 2: 1 o 2 sesiones, 3x6 reps. Semana 3: 1 o 2 sesiones, 3x8 repeticiones. Semana 4: 1 o 2 sesiones, 3x10 reps. Semana 5: 1 o 2 sesiones, 4 x 8-10 reps. Semana 6: 1 o 2 sesiones 4 x 8-10 reps. Semana 7: 1 o 2 sesiones, 4x10 reps. Semana 8: 1 o 2 sesiones, 4x10 reps.	216.29	31.35	217.86	38.24	0.73%	0.05						
Suarez-Arronez et al. (2019)	No RCT	Grupo 1 (NHE) = 16	50	18.8	0.8	17 semanas	Semana 1: 1 sesión, 2 x 5 rep Semana 2: 2 sesión, 2 x 6 rep Semana 3: 2 sesión, 3 x 6 rep Semana 4: 2 sesión, 3 x 8 rep Semana 5-8: 2 sesión, 3 x 10 rep Semana 9-Termino: 1 sesion, 3 x 10 rep/ Grupo Nordico 1: 24 sesiones/Grupo Nordico 2: 22 sesiones (grupo más experimentado) /Grupo Control	570.5	106.5	660	105.5	15.69%	0.84						
		Grupo 2 (NHE) = 17						692.5	90.9	702.6	87.9	1.46%	0.11						
		Grupo 3 = 17												647.4	131.6	665.6	117.1	2.81%	0.15
Lacome et al. (2019)	RCT	Empezando con volumen bajo (n=9)	19	17.5	0.7	6 semanas	1X4 repeticiones durante las primeras 6 semanas (bajo volumen) y las siguientes semanas 4X4 repeticiones (alto volumen)	325	26	362	46	10.22%	1.03	362	46	367	66	1.36%	0.09

		Empezando con alto volumen (n=10)		17.2	0.7	6 semanas	4X4 repeticiones durante las primeras 6 semanas (alto volumen) y las siguientes semanas 1 X 4 repeticiones (bajo volumen)	326	48	361	30	9.70%	0.90	361	30	362	67	0.28%	0.02	
			147	18.75	1.31							9.73%	0.64					0.57%	0.03	

(\bar{X}) promedio, (σ), desviación estándar, (**ES**) Tamaño del efecto

Fuerza excéntrica máxima relativa

La Tabla 3 presenta los resultados de la variable fuerza excéntrica máxima relativizada al peso corporal. Drury et al. (2019) llevó a cabo un protocolo de 6 semanas, el grupo experimental PRE PHV (Pre pubertad, peak de alta velocidad) obtuvo un porcentaje de cambio del 13,74% y un tamaño de efecto alto ($ES=0,83$) y el grupo EXP MID/POST PHV (Post pubertad, peak de alta velocidad) pero con un porcentaje de cambio de 9,28%, con un tamaño de efecto mediano ($ES=0,54$).

Tabla 3: Fuerza excéntrica máxima relativa

Autores	Tipo de estudio	Grupos	Muestra total	Edad ± SD	Duración	Protocolo entrenamiento	NHE				Control/comparador			
							PRE	POST			PRE	POST		
							$\bar{X} \pm SD$	$\bar{X} \pm SD$	% de cambio	ES	$\bar{X} \pm SD$	\bar{X}	% de cambio	ES
Drury et al. (2019)	RCT	GRUPO EXP PRE PHV (n=8)	48	11 ± 0.9	6 semanas	semana 1: 1 sesión de 2 x 5 semana 2: 2 sesiones de 2 x 5 semana 3: 2 sesiones de 2x6 semana 4: 2 sesiones 3x6 (S1) 2x6 (S2) semana 5: 2 sesiones 3x6 semana 6: 2 sesiones 3x8 (S1) 3x6 (S2)	4.27 ± 0.88	4.95 ± 0.76	13.74%	0.83				
		GRUPO EXP MID POST PHV (n=16)		10.9 ± 0.8			4.69 ± 0.83	5.17 ± 0.95	9.28%	0.54				
		GRUPO CON PRE PHV (n=11)		14 ± 1.1						4.24 ± 0.83	4.2	-0.95%	-0.05	
		GRUPO CON MID POST PHV (n=13)		13.7 ± 1					4.45 ± 0.69	4.43	-0.45%	-0.03		
			48	12.4 ± 0.95				0.12%	0.68			-0.01%	-0.04	

(\bar{X}) promedio (ES) Tamaño del efecto, (SD) desviación estándar

Fuerza Isokinética excéntrica máxima

Se presentan los resultados relacionados a la variable en la Tabla 4. Small et al. (2009) lleva a cabo un protocolo de entrenamiento nórdico inmerso en el protocolo SAFT 90 (simulación del desgaste físico de un partido de fútbol). Su muestra se divide en, sí lleva a cabo el protocolo nórdico al inicio o al final de la simulación lo cual consiste en el grupo 1 (calentamiento) y en el grupo 2 (enfriamiento), las evaluaciones se llevaron a cabo en el tiempo 0 min (antes del entrenamiento), 45 min (medio tiempo) y 105 min (ejercicio). El grupo 1 mostró un tamaño de efecto pequeño ($ES=0,35$). Por otro lado, el grupo 2 mostró un tamaño de efecto alto en el tiempo 105 ($ES=1,19$) y en el tiempo 45 un tamaño de efecto medio ($ES=0,78$). Por otro lado, Brito et al. (2010) llevó a cabo el protocolo fifa 11+ evidenciando un tamaño del efecto bajo ($ES=0,15$), al igual que, Lehnert et al. (2017) evidencio un tamaño de efecto pequeño ($ES=0,30$). Siddle et al. (2022) llevó a cabo el protocolo de entrenamiento nórdico en 8 semanas el cual dio como resultados que pone en evidencia un tamaño de efecto pequeño en todos los ángulos de medición.

Tabla 4: Resultados de Fuerza Isokinética Excéntrica Máxima

Autores	Tipo de estudio	Grupos	Muestras (N°)	Edad	S.D	Duración	Protocolo entrenamiento	NHE							
								PRE		POST		% de cambio	ES (EFFECT SIZE)		
								\bar{X}	σ	\bar{X}	σ				
Small, et al. (2009)	RCT	Grupo warm up (n=8)	16	21.3	2.9	8 semanas grupo warm up	Semana 1, 1 sesion de 2x5, semana 2, 2 sesiones por semana de 2x6, semana 3, 3 sesiones por semana de 3x6-8, semana 4, 3 sesiones por semana de 3x8-10 semana 5-10, 3 sesiones por semana de 3 sets de 12-10-8	tiempo 0	255.1	50	272.5	50.4	6.82%	0.35	
								tiempo 45	231.9	51.3	225.3	58.7	-2.85%	-0.12	
								tiempo 105	212.8	57.2	205	45.5	-3.67%	-0.15	
		Grupo cool down (n=8)						8 semanas grupo cool down	tiempo 0	290.2	32.9	283.6	31.4	-2.27%	-0.21
									tiempo 45	250.9	36.8	282.3	43.4	12.51%	0.78
									tiempo 105	237.9	30.7	278.6	37.7	17.11%	1.19
Brito, et al. (2010)	NO RCT	NHE	18	22,3	4,2	10 semanas	Semana 1-10 protocolo fifa 11+ , 3 series semanales de 12-15 repeticiones			121.8	37.1	127.1	35.7	4.35%	0.15
Lehnert, et al. (2017)	NO RCT	NHE	18	17,1	0,4	10 semanas	Semana 1-4, 1 serie de 5 repeticiones (aumento progresivo) , semana 5-10, 3 series de 8-12 repeticiones por semana			123.7	20.7	130.19	23.02	5.25%	0.30
Siddle et al, (2022)	NO RCT	NHE	16	16	0.62	8 semanas	Semana 1-2: 24 repeticiones -4 series (60°	145.82	40.99	155.25	4124.00%	6.47%	0.23

						96 repeticiones en total) Semana 3-8 : 2 series de 8 repeticiones por sesión de entrenamiento (48 repeticiones en total)	180°	156.62	37.33	171.34	3527.00%	9.40%	0.41
							270°	150.94	36.05	157.77	3817.00%	4.52%	0.18
							\bar{X}	156.1	33.8	170.0	35.2	8.91%	0.40
			68	18.65	1.76								5.55%

(*) Resultado significativo reportado por el estudio, **(ES)** Tamaño del efecto, **(SD)** desviación estándar

Fuerza isométrica máxima absoluta de los flexores de rodilla

La Tabla 5 presenta los resultados de la variable fuerza isométrica máxima. Naclerio et al. (2013) llevó a cabo un protocolo de 4 semanas que mostró cambios moderados en el tamaño del efecto del ángulo de 35° (10,76%) mostrando un tamaño del efecto moderado (ES=0,52) y en el ángulo 80° mostrando un tamaño de efecto de 0,79. El grupo control mostró tamaño del efecto pequeño (ES=0,03). También. Al contrario, Mjølsnes et al. (2004), comparó los efectos de entrenamiento nórdico de isquiotibiales comparado con el ejercicio curl de isquiotibiales, obteniendo porcentaje de cambios significativos en los ángulos de flexión 30°, 60° y 90°, obteniendo un tamaño de efecto grande de 1,88, 1,86 y 1,33, respectivamente.

Tabla 5: Resultados de Fuerza Isométrica Absoluta

Autores	Tipo de estudio	Grupos	Muestras (N°)	Edad	D.A	Duración	Protocolo entrenamiento		NHE						Control/comparador								
									PRE		POST				PRE		POST						
									\bar{X}	σ	\bar{X}	σ	% cambio	ES	\bar{X}	σ	\bar{X}	σ	% cambio	ES			
Naclerio, et al (2013)	RCT	GT (10) /GC (10)	20	23.8	3.1	4 semanas	3 series de 8 rep	Ángulo															
								35°	137.03	34.57	151.77	22.42	10.76%	0.52	129.46	41.36	125.01	37.95	-3.39%	-0.11			
								45°	166.19	51.07	162.68	16.2	2.11%	0.10	165.29	48.78	166.15	54.38	0.52%	0.02			
								60°	156.6	51.03	153.38	25.56	2.06%	0.08	157.19	47.37	156.14	52.59	-0.67%	-0.02			
								80° *	133.44	20.53	152.66	28.06	14.40%	0.79	134.72	13.72	132.52	14.45	-1.62%	-0.15			
								90°	117.96	38.41	116.97	29.9	0.84%	0.03	103.83	35.4	102.94	33.62	-0.86%	-0.03			
								100°	91.48	29.67	88.24	34.82	3.54%	0.10	76.88	22.66	78.42	22.18	2.00%	0.07			
								\bar{X}	133.8	37.5	137.6	26.2	2.87%	0.12	127.9	34.9	126.9	35.9	-0.80%	-0.03			
Mjølshes, R et al. (2004)	RCT	Grupo curl isquiotibial (10)	21	-	-	10 semanas	Semana 1: 1 sesión, 2 seriesX5rep. / Semana 2: 2 sesiones, 2 seriesX6 rep. /Semana 3: 3 series, 3 sesionesX8-19 rep. / Semana 4: 3 sesiones, 3 seriesX8-10rep. /	30°	219	7	234	9	6.85%	1.88	NO SE OBSERVARON CAMBIOS SIGNIFICATIVOS EN NINGUNO DE LOS 3 ÁNGULOS EVALUADOS								
								60°	186	6	199	8	6.99%	1.86									

		Grupo NHE(n=11)					Semana 5-10: 3 sesiones, 3 seriesX12, 10, 8	90°	108	5	116	7	7.41%	1.33					
			41	23.8	3.1								7.08%	1.69				-0.69%	-0.04

(*) Resultado significativo reportado por el estudio, (ES) Tamaño del efecto, (SD) desviación estándar,

Arquitectura muscular de los músculos isquiotibiales

La Tabla 6 presenta los resultados reportados sobre la variable arquitectura muscular. Siddle et al. (2022) muestra que tras realizar NHE no indujo cambios de arquitectura muscular, evidenciado por un pequeño tamaño del efecto de 0,18, y no presentó grupo comparador. Por el contrario, Lacombe et al. (2020), solamente mostró cambios significativos en el grupo (N=9) que empezó con volumen bajo, para la porción del músculo semimembranoso ya que el tamaño del efecto fue mediano (ES=0,73), para los otros tres grupos los cambios según tamaño del efecto fueron pequeños. Además, Mendiguchia et al. (2020) mostró según resultados del grupo de NHE que se obtuvo un porcentaje de cambio del 7,35%, con un tamaño moderado (ES=0,69), lo que nos indicaría que es un resultado de magnitud moderada. Interesantemente, el grupo control (grupo sprint) obtuvo un tamaño del efecto alto (ES=1,08). Por otro lado, Medeiros et al. (2020), en ambos grupos que llevó a cabo el protocolo de entrenamiento nórdico mostró un tamaño de efecto pequeños (ES=0,3). Lovell et al. (2018), muestra que para el grupo de NHE pre-entrenamiento de fútbol, tuvo un aumento en la longitud del fascículo de $\Delta 1,58$ cm, en comparación del grupo de NHE post-entrenamiento de fútbol, que tuvo una disminución del $\Delta -0,29$ cm, para el bíceps femoral. También se obtuvieron resultados del grupo control que tuvo un cambio de $\Delta -0,67$ cm, para el bíceps femoral, lo que significa un cambio mucho menor a comparación de los que hicieron ejercicio nórdico.

Tabla 6: Arquitectura muscular

Autores	Tipo de estudio	Grupos	Muestra (n°)	Edad	D.A	Duración	Protocolo entrenamiento	NHE						Control/comparador							
								PRE		POST				PRE		POST					
								\bar{X}	SD	\bar{X}	SD	% de cambio	ES	\bar{X}	SD	\bar{X}	SD	% de cambio	ES		
Siddle et al. (2022)	NO RCT	NHE (n=16)	16	16	0.62	8 semanas	1-2 semanas = 24 rep x 4 series, 3-8 semanas = 8 rep x semana		7.61	1.27	7.82	1.06	2.76%	0.18							
Mendiguchia et al. (2020)	RCT	Grupo NHE (n=7)	23	. +18	-	6 semanas	Semana 1: 1 sesión, 2 series X5 rep. / Semana 2: 2 sesiones, 2 series X 6 rep. / semana 3: 3 sesiones, 3 seriesX6-8rep. / semana 4: 3 sesiones, 3 seriesX8-10rep. / semana 5-6: 3 sesiones, 3 seriesX12, 10, 8rep.		9.93	1.1	10.66	1.01	7.35%	0.69	Grupo Fútbol	10.2	1.08	10.17	0.82	-0.29%	-0.03
		Grupo Sprint													10.23	1.91	11.89	1.16	16.23%	1.08	
Medeiros et al. (2020)	RCT	Grupo 1: NHE 1x/Wk (=15)	32	18,80	1,74	8 semanas	Semana 1: 1 o 2 sesiones, 2x6 reps. Semana 2: 1 o 2		10.02	1.84	10.93	2.92	9.08%	0.38							

		Grupo 2: NHE: 2x/Wk (=17)	18,47	1,07	sesiones, 3x6 reps. Semana 3: 1 o 2 sesiones, 3x8 repeticiones. Semana 4: 1 o 2 sesiones, 3x10 reps. Semana 5: 1 o 2 sesiones, 4x8-10 reps. Semana 6: 1 o 2 sesiones 4x8-10 reps. Semana 7: 1 o 2 sesiones, 4x10 reps. Semana 8: 1 o 2 sesiones, 4x10 reps.		10.09	2.12	11.04	2.74	9.42%	0.39						
Lacome et al. (2019)	RCT	19	17.5	0.7	12 seman as		PRE		6 semanas		% de cambio	E.S	POST		% de cambio	E.S		
						EMPEZANDO CON VOLUMEN BAJO (n=9)	1X4 repeticiones durante las primeras 6 semanas (bajo volumen) y las siguientes semanas 4X4 repeticiones (alto volumen)	Bicep femoral	8.3	1	8.7	1.2	4.60%	0.36	8.7	1.1	0.00%	0.00
						EMPEZANDO CON ALTO VOLUMEN (n=10)	4X4 repeticiones durante las primeras 6 semanas (alto volumen) y las siguientes semanas 1X4 repeticiones (bajo volumen)	Bicep femoral	8.7	1.5	9.1	1.2	4.40%	0.30	9.2	1.2	1.09%	0.08
						EMPEZANDO CON VOLUMEN BAJO (n=9)	1X4 repeticiones durante las primeras 6 semanas (bajo volumen) y las siguientes semanas 4X4 repeticiones (alto volumen)	Semimemb ranoso	5.8	0.6	6.2	0.5	6.45%	0.73	6.3	0.5	1.59%	0.20

		EMPEZANDO CON ALTO VOLUMEN (n=10)		17.2	0.7		4X4 repeticiones durante las primeras 6 semanas (alto volumen) y las siguientes semanas 1X4 repeticiones (bajo volumen)	Semimembranoso	6.4	1.1	6.8	1.1	5.88%	0.36		6.7	0.9	-1.49%	-0.10	
Lovell et al. (2018)	RCT	Grupo NHE pre (n=10)	35	23.6	4.7	12 semanas	Semana 1, Sesiones 1, 2 x 5 rep Semana 2, Sesiones 2, 3 x 5 rep Semana 3, Sesiones 2, 3 x 6 rep Semana 4, Sesiones 2, 4 x 6 rep Semana 5, Sesiones 2, 4 x 7 rep Semana 6, Sesiones 2, 4 x 7 rep Semana 7, Sesiones 2, 4 x 8 rep Semana 8, Sesiones 2, 4 x 8 rep Semana 9, Sesiones 2, 4 x 9 rep Semana 10, Sesiones 2, 4 x 9 rep Semana 11, Sesiones 2, 4 x 10 rep Semana 12, Sesiones 2, 4 x 12 rep	Bicip Femoral (cm)	Δ1.58											
		Grupo NHE post (n=14)							Δ-0.29											
		Grupo control (n=11)																		
			125	18.16	1.3533				6.24%	0.42						Δ-0.67			2.854%	0.21

(*) Resultado significativo reportado por el estudio, (ES) Tamaño del efecto, (SD) desviación estándar (\bar{X}) promedio

DISCUSIÓN

El objetivo de este proceso investigativo para la licenciatura (PIL), fue resumir mediante una revisión sistemática la efectividad del entrenamiento con el ejercicio nórdico de isquiotibiales sobre la modificación de los factores de fuerza muscular y arquitectura muscular en futbolistas. Los resultados principales de esta revisión sistemática fueron: como pudimos analizar en nuestras tablas de resultados, la fuerza excéntrica máxima fue medida en 5 estudios junto con la variable de arquitectura muscular siendo medida en 5 estudios, en la fuerza isokinética máxima hay 4 documentos que la que midieron, la fuerza isométrica lo evaluaron 2 estudios mientras que en la fuerza excéntrica relativa solo tenemos 1 estudio. Cuando el grupo intervenido ya había realizado entrenamiento nórdico de isquiotibiales previo, no se evidenciaron cambios en comparación al grupo que era novicio en este tipo de entrenamiento. En los resultados expuestos se puede apreciar la falta de grupo comparador en la mayoría de los estudios incluidos, donde solo se vió en un estudio realizado por Mendiguchia et al. (2020). La existencia de un grupo comparador en los estudios es de menuda importancia, debido que nos brinda una mejor interpretación de resultados y fiabilidad en base al grupo experimental en cuestión, así podemos exponer si nuestra intervención es efectiva. En cuanto al tiempo de intervención realizado para este entrenamiento pudimos observar una distinta temporalidad entre estudios y variables, donde no necesariamente a mayor grado de semanas obtuvimos un mejor resultado. Gracias al estudio realizado por Mendiguchia et al. (2020), llegamos a la interpretación de que el NHE tuvo un resultado positivo en la arquitectura muscular. Sin embargo, el grupo que realizó la intervención de sprint, a pesar de que el tamaño de la muestra era de 8 personas, tuvo un mayor desarrollo en la longitud de los fascículos. Según el estudio realizado por Lacombe et al. (2019), el entrenamiento nórdico para isquiotibiales es un modificador positivo dentro de nuestras variables estudiadas. Sin embargo, se obtendría un mayor beneficio si este fuese combinado con distintos ejercicios excéntricos. Además, cabe destacar que un aumento de temporalidad del entrenamiento no siempre será la vía más garantizada para tener mejores resultados en la modificación de las variables estudiadas, al igual que en los jugadores que ya hayan recibido este tipo de entrenamiento excéntrico para fortalecer sus músculos isquiotibiales. Es necesario subrayar la falta de estudios en la fuerza excéntrica relativa, ya que, el estudio presente en nuestra revisión sistemática nos

hace entrega de unos resultados con un porcentaje de cambio (9,28 y 13,74%) y tamaño de efecto moderado ($ES=0,54$) y alto ($ES=0,83$) respectivamente, también nos invita a percibir de una mejor manera la relación fuerza/peso del individuo a intervenir, llegando a ser una variable fidedigna en cuanto a fuerza excéntrica de la persona estudiada.

En nuestra revisión se desprende que un protocolo de entrenamiento debe cumplir con un volumen y temporalidad específica para lograr los resultados. Dentro de los resultados que se encontraron en la revisión sistemática relacionados al protocolo NHT, la duración del entrenamiento varió entre 4 a 17 semanas, en los artículos de Ishøi et al. (2018) y Mjølsnes et al. (2004) el volumen fue igual (10 semanas de duración, comenzando con 1 sesión, de 2 series de 5 repeticiones y finalizando con 3 sesiones de 12, 10, y 8 repeticiones, respectivamente). En cuanto a la variable de medición de fuerza excéntrica máxima absoluta, Ishøi et al. (2018) obtuvo tamaño del efecto alto aplicando dicho protocolo. Los artículos restantes varían su temporalidad, siendo el artículo de Suarez-Arronez et al. (2019) el que declara un protocolo de 17 semanas siendo el más alto, empezando con 1 sesión de 2 series de 5 repeticiones y terminando con 1 sesión de 3 series de 10 repeticiones, obteniendo tamaños de efecto alto ($ES=0,84$) en el grupo NHE sin experiencia previa. Sin embargo, el grupo NHE con experiencia previa obtuvo resultados pequeños en cuanto a tamaño del efecto ($ES=0,11$) evaluando fuerza excéntrica absoluta. El artículo de Nacliero et al. (2013), se identifica como el estudio de menor temporalidad de entrenamiento en su protocolo de NHE, el cual consistió de 4 semanas de 3 series de 8 repeticiones, obtuvo resultados medianos según tamaño del efecto ($ES=0,79$) en los 80° de flexión rodilla evaluando fuerza isométrica, siendo declarado por el autor el único cambio significativo. Interesantemente, investigaciones anteriores han demostrado que los programas de NHE con 1 o 2 sesiones semanales, generan adaptaciones musculares favorables relacionadas con la longitud del fascículo del bíceps femoral cabeza larga y la fuerza del flexor excéntrico de la rodilla, además no se observaron cambios en la fuerza excéntrica después de un período de 4 semanas de desentrenamiento (Presland et al., 2018). Llamativamente, se ha evidenciado que mediante un desentrenamiento de 4 semanas los cambios en la arquitectura muscular inducidos por el entrenamiento excéntrico con NHE se revirtieron repercutiendo en un descenso en la longitud de los fascículos (Fernandez et al., 2018). En cuanto a tiempo, Ribeiro

Alvares et al. (2018) en un entrenamiento de 4 semanas de NHE logró obtener los efectos positivos a corto plazo, destacando el aumento la longitud del fascículo de la cabeza larga del bíceps femoral y mejoras significativas en la fuerza excéntrica de los isquiotibiales. Sin embargo, en temporalidades más altas como en la investigación de Suarez-Arronez et al. (2019) que dura 4 veces más que el de mínima temporalidad (4 semanas) se obtuvieron cambios significativos en fuerza excéntrica máxima, en el grupo que no tenía experiencia realizando entrenamiento con NHE.

En relación a la importancia del tiempo y volumen de los protocolos de entrenamiento nórdico para isquiotibiales, especulamos que el tiempo de 4 semanas sería el mínimo para lograr cambios significativos. Sin embargo, estos mismos cambios se perderán en un periodo de desentrenamiento de 4 semanas. En cuanto a la temporalidad máxima recomendable, se podría especular que no está descrita, puesto que hay estudios que han realizado entrenamientos extensos (17 semanas) que han reflejados cambios significativos, no obstante, existe un costo en cuanto a fatiga muscular como describió el estudio de Mashall et al. (2015). Además de no cumplir con principios básicos de entrenamiento como variabilidad, optimización de carga y recuperación. Para resumir todo lo que se ha indicado hasta ahora, la duración del protocolo se debe definir según distintos factores tales como, la competición donde se encuentra el futbolista, el tiempo que lleva expuesto al entrenamiento nórdico y las evaluaciones previas de fuerza y arquitectura muscular individuales a cada futbolista. En el caso del volumen de entrenamiento creemos que en base a datos recopilados en investigación anteriores relacionadas al NHE no existe un volumen definido, debido que tanto un volumen de entrenamiento alto como bajo al principio y/o finalizando el protocolo reflejan cambios significativos en las variables estudiadas. Por lo tanto, todo lo que se ha mencionado hasta ahora, creemos que la temporalidad indicada a elegir dependerá de circunstancias externas más que de los resultados expuestos, siempre y cuando cumplan una periodicidad de 4 semanas y no excedan un periodo de 4 semanas de desentrenamiento, recomendamos poner en práctica protocolos más extensos en periodos de pretemporada y periodos más cortos en periodos de competencias.

Fuerza muscular

En la práctica de cualquier deporte es fundamental preparar la musculatura para rendir en los entrenamientos de alta intensidad y desempeñarse de manera óptima a la hora de competir. Según de Hoyo et al. (2013) en el fútbol, la lesión de los músculos isquiotibiales contribuye a un porcentaje importante que va desde 8 al 25% del total de las lesiones musculoesqueléticas según el deporte que se practique durante los sprint, ya que éste desacelera la extensión de la rodilla y la flexión de la cadera. Esta podría ser una de las razones por la cual la fuerza excéntrica del músculo isquiotibial es la variable más estudiada. 5 de los 13 estudios analizados demostraron que la fuerza excéntrica máxima aumenta al aplicar el protocolo de NHE mostrando un tamaño de efecto mediano ($ES\bar{X}=0,63$). Así, dentro de los resultados que indican cambios positivos según de efecto alto fueron Ishøi et al. (2018), quien obtuvo un tamaño del efecto ($ES=1,03$) en el grupo NHE, junto a Lacombe et al. (2019) quien obtuvo un tamaño de efecto altos en ambos grupos de muestra ($ES\bar{X}=0,96$) y finalmente Suarez-Arronez et al. (2019) quien obtuvo un tamaño de efecto alto ($ES=0,84$). Interesantemente, Medeiros et al. (2020), obtuvo un tamaño de efecto medio ($ES=0,50$) en el grupo NHE de 2 semanas en comparación con el grupo NHE de 1 semana, que obtuvo un tamaño de efecto bajo ($ES=0,05$). Además, Mjølshes et al. (2004), obtuvo un tamaño de efecto medio ($ES=0,65$). Desde el punto de vista fisiológico, el aumento de fuerza se debe a factores estructurales, nerviosos, hormonales y el ciclo de estiramiento-acortamiento. Para efectos de este estudio nos enfocaremos en los factores estructurales y nerviosos. De los factores estructurales podemos decir que la fuerza aumenta debido a la hipertrofia muscular (aumento del volumen muscular y número de miofibrillas), debido a que cada fibra muscular contiene proteínas contráctiles (miofibrillas) estriadas, cada estriación contiene filamentos de actina y miosina los cuales están ordenados en unidades contráctiles llamados sarcómeros, dicho esto, el aumento del tamaño de las miofibrillas se debe a que el ejercicio provoca microrrupturas en la las bandas Z de las miofibrillas del músculo y a partir de esta microrruptura, se forman dos nuevas miofibrillas gracias a la adición de filamentos de actina y miosina en la periferia de la miofibrilla, aumentando el número de puentes cruzados, por ende, aumentando la capacidad contráctil del músculo (fuerza) (Badillo et al., 2002). Además de la información anterior Franchi et al., (2017) postula que el entrenamiento excéntrico provoca mayores respuestas adaptativas en comparación con el entrenamiento concéntrico con respecto a la fuerza y la arquitectura muscular, este genera diferencias en las adaptaciones entre los tipos

de contracción son el resultado de los diferentes mecanismos utilizados para generar fuerza, con acciones excéntricas debido al alargamiento activo de los fascículos y acciones concéntricas debido al acortamiento activo, es por esto que la naturaleza excéntrica lenta del NHE proporciona un estímulo, por lo que las cabezas de miosina ya están unidas a la actina y se ven obligadas a separarse por el alargamiento de los puentes cruzados, lo que provoca daño muscular. Según artículos científicos, el protocolo NHE aumenta la longitud del fascículo BF_{lh} y la fuerza excéntrica (Timmins et al., 2021). Sin embargo, a pesar del efecto NHE en la modificación positiva del valor de fuerza excéntrica máxima, Opar et al. (2021) mencionan que la fuerza excéntrica de los flexores de la rodilla, cuantificada mediante la realización de la NHE durante la pretemporada no proporciona la información suficiente sobre la aparición de una futura lesión de isquiotibiales. A modo de especulación podemos mencionar que, la experiencia previa realizando el entrenamiento nórdico de isquiotibiales influyó en los resultados, así como también podría llegar a influir la masa corporal y la fuerza realizada en los NHE, debido que se debe tener en consideración que se llega un momento en que será muy difícil que los jugadores mejoren los NHE por efecto del bíceps femoral en la fuerza aplicada. En el estudio de Suarez-Arronez et al. (2019), se realizó una intervención dividiendo 2 grupos de NHE, un grupo que ya había realizado NHE anteriormente, y el segundo grupo, donde fue la primera vez que realizaron esta intervención excéntrica, solo este último grupo obtuvo mejoras en relación a la fuerza excéntrica, mientras que el grupo que ya había realizado esta intervención no presentó mejoras en cuanto a fuerza excéntrica máxima, sólo mejoró en la fuerza excéntrica promedio. Esto puede llegar a deberse que en el grupo que ya tenía experiencia realizando esta intervención pudo llegar al pick de fuerza excéntrica, por lo que debemos tener en cuenta que si se quiere llegar a aumentar aún más la fuerza en este grupo experimental, se debe implementar un protocolo de entrenamiento de ejercicios excéntricos en los cuales predomine el trabajo del músculo isquiotibial. En conclusión se puede decir que el NHE es efectivo modificando esta variable, la cual obtendrá tamaños de efecto entre moderado-alto ejecutando un protocolo desde 4 semanas con un mínimo de dos sesiones semanales, esto en futbolistas que no han sido sometidos en el pasado al NHT. Además, la fuerza excéntrica máxima según indican estudios anteriores no será un predictor de lesiones, no obstante, el aumento de esta variable será beneficioso en cuanto a la biomecánica del músculo isquiotibial. En cambio, una medición de fuerza más precisa sería la

fuerza excéntrica máxima relativa, la cual consiste en ser el promedio de fuerza excéntrica máxima realizada en comparación con el peso corporal del individuo (Fuerza N/Peso corporal del sujeto Kg), esta forma de exponer los resultados la ocupó Drury et al. (2019) donde se evidenciaron tamaños de muestra altos en el grupo PRE PHV ($ES=0,83$). Sin embargo, este estudio perdió el 36,9% de la muestra durante la intervención. Por lo tanto, especulamos que sus resultados no serían lo más confiables para llevar a cabo un juicio sobre el efecto del NHE en la modificación de esta variable. No obstante, su investigación proporciona información valiosa donde los individuos de la muestra PHV mostraron aumento de fuerza, lo que abre la puertas a futuras investigaciones, sobre la edad adecuada para empezar el protocolo NHE en futbolistas alevines (10-11 años). Una variación de medición sería la fuerza muscular isokinética excéntrica máxima, se evalúa obteniendo los valores máximos en todo el rango de movimiento y determinando la posición en la que se obtiene el pick de fuerza a una velocidad constante. Estudios anteriores relacionados a esta variable describieron que, independientemente de sus valores, los puntos de corte de las ratios de fuerza isokinética no fueron predictivos de las lesiones de isquiotibiales, no se recomienda el uso de los puntos de corte isokinéticos para predecir las distensiones musculares de los isquiotibiales en los futbolistas profesionales (Dauty et al., 2018). Sin embargo, a pesar de un hallazgo aislado de fuerza excéntrica del flexor de la rodilla a bajas velocidades, se debe reconsiderar el papel y la aplicación de la evaluación isokinética para predecir el riesgo de distensión de los isquiotibiales, en particular dados los costos y el entrenamiento especializado requerido (Green, 2019). Brito et al. (2010) y Lehnert et al. (2017) evaluaron la fuerza isokinética, ambos obtuvieron resultados relacionados a tamaños de efecto bajos ($ES\bar{X}=0,22$). Además, Small et al. (2009) obtuvo un tamaño de efecto medio ($ES=0,78$) en el minuto 45 y un tamaño de efecto alto ($ES=1,19$) en el minuto 105 en el grupo de enfriamiento (por su nombre en inglés cold down). Para el estudio de Siddle et al. (2022), se observa que tuvo un promedio pequeño en el tamaño de efecto ($ES\bar{X}=0,14$). A raíz de la interpretación de los resultados podemos especular que, el NHE no es el más efectivo para modificar esta variable, sin embargo, los resultados con cambios positivos declarados en el estudio de Small et al. (2009) pueden estar ligados a los siguientes factores, el NHE es efectivo modificando la fuerza cuando se aplica después de un entrenamiento como el que realizó en el estudio. No obstante, dichos cambios pueden ser a raíz de los ejercicios que se realizaron en el protocolo SAFT 90 ejecutado por la muestra. Por lo

tanto, existe un indicio de que el NHE no genera modificaciones en relación a la fuerza isokinética excéntrica máxima y su aumento puede estar relacionado a una suma de intervenciones en las cuales puede estar incluida el NHT. La fuerza isométrica se desarrolla mientras el músculo no cambia de longitud. Además, la articulación que participa en el ejercicio no se mueve. Los ejercicios isométricos ayudan a mantener la fuerza a través del tiempo. El estudio de Mjølsnes et al. (2004) es el que tuvo un aumento de fuerza isométrica absoluta en todos los ángulos evaluados en la flexión de rodilla ($\bar{X}=7,08\%$; $ES\bar{X}=1,69$). En el estudio de Naclerio et al. (2013) se evaluaron varios ángulos en la flexión de rodilla siendo el mayor porcentaje de cambio en los 80° ($14,40\%$; $ES=0,79$). Estudios anteriores postulan que, la fuerza ejercida en el NHE no está correlacionada con el torque de contracción voluntaria máxima en contracciones concéntricas y excéntricas isométricas e isocinéticas, lo que sugiere que las medidas de fuerza ejercido durante el NHE y fuerza de los flexores de la rodilla son diferentes, se ha documentado que la prueba de torque de flexión de la rodilla puede no ser la más adecuada para predecir la futura lesión por distensión de los isquiotibiales, además de que reveló que el torque máximo de NHE no se asoció con el torque máximo voluntario en la flexión isométrica, concéntrica y excéntrica de rodilla (Nishida et al., 2022). Un hallazgo importante relacionado a esta variable es que, en carreras de velocidad, la lesión de isquiotibiales ocurre cuando los isquiotibiales se alargan activamente y se contraen para desacelerar el muslo y la parte inferior de la pierna a un ángulo de aproximadamente 30° antes de extender la rodilla durante la última mitad de la fase de balanceo (Ditrolo et al. 2013). Por lo que podríamos especular que un aumento de fuerza isométrica en el ángulo 30° de flexión de rodilla a raíz del NHE podría contribuir a evaluaciones de futuras lesiones y se tomará como índice de cambio, lo cual justifica la medición de esta variable en futuras investigaciones. Relacionado a lo anterior, los estudios científicos muestran su mayor tamaño de efecto cerca al ángulo 30° de flexión de rodilla, Naclerio et al., (2013) con un tamaño de efecto mediano ($ES=0,52$) en el ángulo 35° de flexión de rodilla y Mjølsnes et al, (2004) con un tamaño de efecto alto ($ES=1,88$) en el ángulo 30° de flexión de rodilla. Por otra parte, el estudio de Naclerio et al. (2013) se enfoca en un entrenamiento de bajo volumen por 4 semanas, especulamos que sus bajos tamaños de efecto se relacionan a la nula progresión de cargas del protocolo aplicado, además de que su autor declara que, una posible explicación de sus hallazgos es que todas las sesiones de entrenamiento se realizaron antes del entrenamiento específico de fútbol o de

entrenamiento de resistencia predominantemente concéntrico. Sin embargo, la excepción la hace Mjølshnes et al. (2004), debido a que se cree que sus tamaños de efectos altos en todos los ángulos de flexión de rodilla evaluados se deben al protocolo implementado el cual cumplió una adecuada progresión de cargas y una buena duración del protocolo el cual dio como resultado un cambio positivo significativo, además su estudio ha sido destacado por investigaciones posteriores por sus grandes tamaños de efecto. En conclusión, el mayor hallazgo relacionado a esta variable y los artículos incluidos en esta revisión que la evalúan fueron, un aumento en el ángulo 30° podría relacionarse a una reducción de la probabilidad de lesión de isquiotibiales. Además, especulamos que futuras investigaciones podrían enfocarse específicamente en este ángulo de flexión (30° de flexión de rodilla) y su porcentaje de cambio de fuerza isométrica comparando el NHE con otras intervenciones (sprint, sentadillas, etc). No obstante, a pesar de la contradicción en los datos obtenidos y la necesidad de responder si el protocolo NHT es efectivo modificando esta variable tendría relación a la duración del protocolo y la progresión de cargas de este, Mjølshnes et al. (2004) como han mencionado estudios anteriores sigue siendo el estudio con mayores resultados positivos a raíz de la implementación de su protocolo.

Arquitectura muscular: longitud de los fascículos

Se ha planteado que los ejercicios capaces de aumentar la longitud del fascículo podrían contribuir a prevenir las lesiones de isquiotibiales, el NHE según estudios previos ha tenido efecto en modificar positivamente esta variable. En los resultados recopilados en esta revisión sistemática relacionados a la longitud de los fascículos entrenados mediante NHT, se obtuvo un promedio del tamaño de efecto bajo ($ES=0,42$). Sin embargo, Lacombe et al. (2019) evidenció el tamaño de efecto más alto ($ES=0,73$) en el grupo que comenzó con volumen bajo, precisamente el músculo semimembranoso. El resultado menor lo obtuvo Siddle et al. (2022), el cual evidenció un tamaño de efecto bajo ($ES=0,18$). Investigaciones anteriores demuestran que el aumento de la longitud del fascículo cambia las relaciones fuerza-velocidad y fuerza-longitud, lo que afecta directamente la función muscular. En teoría, un músculo con fascículos más largos contiene una mayor cantidad de sarcómeros alineados en serie, lo que aumentaría la velocidad de contracción muscular y también evitaría que el músculo se dañe debido a un alargamiento excesivo (Lieber et al., 1993). Además,

Morgal et al. (1990) menciona que un músculo con longitud de fascículo reducida presenta una mayor susceptibilidad al daño muscular microscópico inducido excéntricamente, lo que podría facilitar un daño macroscópico. Según Ribeiro-Alvares et al. (2018), la mejora de la longitud de los fascículos parece ocurrir durante el primer mes de entrenamiento, lo que podría indicar que las respuestas a corto plazo pueden ser beneficiosas para la pretemporada, para así comenzar una temporada de competencia con menor susceptibilidad a lesiones de isquiotbiales. Sin embargo podemos especular, que los NHT de los estudios abordados en la revisión actual provocan un bajo índice de cambio en la longitud de los fascículos, puesto que obtuvieron tamaños de efecto bajos, a excepción de Mendiguchia et al. (2020) y Lacombe et al. (2019) en el músculo semimembranoso que comenzó con bajo volumen. Se puede deducir que, en base a estudios anteriores, un aumento de la longitud de los fascículos de BFIh observado después de un programa completo de sprint en comparación con NHE, podría estar relacionado con el alargamiento continuo y de mayor intensidad de la unidad músculo-tendón inducida por movimientos de alta velocidad, tales como los ejecutados en entrenamientos de futbolistas profesionales, específicamente de sprint. Curiosamente, las dos poblaciones investigadas con mayor tamaño de efecto son futbolistas profesionales, lo cual se puede suponer que dichos cambios son inducidos por sus entrenamientos periódicos relacionados a ejercicios de carrera, cambios de dirección, velocidad, entre otros, además, el grupo sprint del estudio de Mendiguchia et al. (2020), lo cual puede llegar a concluir que una efectiva modificación de la variable longitud de los fascículos se deberá a un protocolo entre 8 a 10 semanas tal como menciona Severo-Silveira et al. (2018), acompañado de ejercicios excéntricos tales como el sprint.

Calidad de la metodología

La evaluación de la calidad metodológica consistió en la inspección del artículo científico en torno a su proceso de ejecución y publicación con el fin de detectar sus sesgos y calificar mediante la escala de PEDro. En la presente revisión sistemática se evaluó la calidad metodológica mediante PEDro, de los 13 artículos científicos incorporados a esta revisión hubo un 100% de cumplimiento del criterio “datos de medio y variabilidad”, lo cual se refleja que todos los artículos científicos mostraron una estimación puntual en una medida del tamaño del efecto del entrenamiento

nórdico para isquiotibiales. Hay 4 artículos que no fueron RCT Siddle et al. (2022) por motivos de que los jugadores no podían ser asignados a un grupo de control donde las ganancias de rendimiento y el riesgo de lesiones podrían verse comprometidos y Suarez-Arronez et al. (2019) debido a que separa en 2 grupos experimentales de ejercicio nórdico, uno que ya había sido expuesto al protocolo y otro que no, al igual que Brito et al. (2010) y Lehnert et al. (2017) que no poseen grupo comparador/control por ende no realizaron aleatorización de su muestra. En cuanto a los criterios de cegamiento de los sujetos, administradores de terapia y evaluadores: solamente 2 grupos de sujetos fueron cegados, ningún terapeuta fue cegado y finalmente solamente el artículo de Ishøi et al. (2018) cegó a su evaluador. En cuanto a la calidad de los artículos científicos de la revisión realizada se puede especular lo siguiente, la asignación oculta es un criterio que solamente lo cumplió el 38,46% dicho ocultamiento se refiere a: si la persona que determina si los sujetos fueron elegibles para su inclusión en el ensayo era consciente en el momento en que él o ella tomó esta decisión, de a qué grupo sería asignado el siguiente sujeto, esta práctica de enmascaramiento predice tamaños de efectos más modestos, puesto que si se asignan sujetos susceptibles a cambios los tamaños de efecto tiene mayor probabilidad de ser significativos, en cuanto a aleatorización de los sujetos creemos que no influye en los resultados y esta será determinada según los criterios de los investigadores o de un comité ético. En cuanto a los criterios de calidad metodológica, especulamos que debido a la naturaleza de estas evaluaciones es poco probable llevar a cabo un "triple ciego", sin embargo, creemos que el evaluador sería el ciego más importante en cuanto a calidad metodológica debido a que podría tener un sesgo al momento de evaluar. Finalmente, resumiendo la información previamente presentada, en futuras investigaciones relacionadas a entrenamiento nórdico para isquiotibiales es fundamental cumplir con el criterio de asignación oculta y al azar, comparabilidad al inicio, evaluador y terapeuta cegado, análisis por intención de tratar, resultados por sobre el 85% y que estos sean comparados entre los grupos, con el fin de tener una investigación que carezca sesgo, evidencie el cambio a raíz del protocolo de ejercicio nórdico comparado con otras intervenciones.

Limitaciones

Las limitantes corresponden a aquello que probablemente pueda restringir la extracción pura a partir de los resultados, o son el resultado de los retos no anticipados

que surgieron durante el estudio. De las principales limitaciones que identificamos dentro de los artículos científicos revisados en nuestra investigación fueron: el abandono de parte de las muestras mientras se desarrollaba la investigación en los siguientes estudios Drury et al. (2019), Mendiguchia et al. (2020) y Ishøi et al. (2018), sin embargo, este último declara el número final de muestra. Ausencia de un grupo control/comparador en los estudios: Small et al. (2009), Brito et al. (2010) y Siddle et al. (2019). El tamaño de las muestras fue variado, desde 50 en el estudio de Suarez et al. (2019) el tamaño de muestras más alto, después varían entre 48 y 18. Finalmente 16 fue el tamaño de muestra más pequeño en el estudio de Siddle et al. (2022) y Small et al. (2009), la calidad metodológica tuvo un resultado promedio de cumplimiento del 50,64% de los criterios PEDro, además de los 13 estudios científicos revisados, 5 mostraron resultados en la variable fuerza excéntrica, 1 en fuerza excéntrica relativa, 3 en fuerza isokinética excéntrica máxima, 3 en fuerza isométrica y 5 en longitud de los fascículos. Los estudios solamente mostraron resultados relacionados a 2 variables como máximo, dichas combinaciones fueron: fuerza excéntrica máxima/arquitectura muscular o fuerza isométrica/arquitectura muscular o fuerza excéntrica máxima/fuerza isométrica. Los estudios que evaluaron resultados relacionados a fuerza isokinética excéntrica máxima y fuerza excéntrica relativa sólo mostraron resultados con dichas variables, por lo que se recomienda que un futuro estudio contemple (a pesar de su costo) la evaluación de todas las variables posibles. En cuanto a el porque de las limitaciones identificadas en los artículos científicos de esta revisión especulamos lo siguiente: el abandono de la gran parte de la muestra durante el transcurso de la investigación hace que el lector se confunda del tamaño final que se intervino siempre y cuando no se especifique textualmente el número final de muestra y en cual grupo fue, además de esto el abandono desequilibrar el tamaño muestral de ambos grupos (control y NHE) lo que afectará en la magnificación de los resultados.

La falta de grupo comparador se relaciona a una característica negativa, dado que magnifica los resultados del NHE sin comparar con un grupo control o comparador, además la ausencia de comparador nos deja sin información valiosa de qué tan efectivo es el NHE en la modificación de las variables versus otro ejercicio. Sobre el tamaño de la muestra creemos que debería ser más grande numéricamente, para mostrar efectos en un número más cercano a la población a la que se busca contribuir con la investigación.

Proyecciones

Queremos dejar pavimentado el camino hacia donde deberían apuntar los siguientes estudios científicos relacionados al protocolo de entrenamiento nórdico en el fútbol. El protocolo FIFA 11+ se llevó a cabo en el año 2004 y generó un gran efecto en la prevención de lesiones. Sin embargo, la intensidad del juego en el fútbol ha ido en aumento, al igual que la incidencia de lesiones. Es por esto que quizás es momento de realizar modificaciones en el protocolo o derechamente crear un nuevo protocolo en el cual se tengan en cuenta los puntos abordados en este estudio en relación a los isquiotibiales y las modificaciones estructurales y fisiológicas que el protocolo nórdico puede inducir en dicho músculo. Gracias a esto, especulamos que será beneficioso para el desarrollo del fútbol, sus jugadores y la disminución de la tasa de lesiones. Dicho lo anterior, es necesario que se lleven a cabo estudios que sustenten el protocolo nórdico, y que no contenga los sesgos investigativos que sus predecesores, es por esto que el estudio debería: evaluar los cambios estructurales en las variables abordadas en esta revisión (fuerza excéntrica máxima, relativa, isokinética excéntrica máxima, isométrica y longitud de los fascículos), además de variables no abordadas en esta revisión, de las cuales se cuenta con poca información en la población de futbolistas, las cuales son rigidez muscular y activación neuromuscular. Además, se debe contar con los datos de longitud del fémur, relación miembro inferior-dorso para mostrar resultados más específicos a la muestra estudiada. Uno de los aspectos más importantes que pensamos debe ser abordado a futuro, es si el protocolo nórdico puede tener más beneficios en compañía y ausencia de otro ejercicio tales como el sprint, sentadillas, etc, puesto que dicha evidencia será beneficiosa para el desarrollo de un nuevo manual de entrenamiento para futbolistas u corrección del actual FIFA 11+. Otro aspecto que nos gustaría que se tuviera en cuenta en el seguimiento de la muestra a través del tiempo, esto brindaría información valiosa, relacionada a tiempo de reversibilidad del efecto del NHT, información sobre la lesión de isquiotibiales es producto de factores externos que no se están teniendo en cuenta, entre otros. Además, sería de total utilidad contar con un estudio que evidencie resultados personificados en relación a la posición que ocupa el jugador en el campo y su exposición al protocolo de ejercicio nórdico, podría ser que el ejercicio nórdico sea más beneficioso en algunas posiciones más que en otras, dicho esto, especulamos que el futuro manual podría apuntar a desarrollar ejercicios específicos para cada

posición en el campo. Es de vital importancia, que futuras investigaciones cuenten con el mayor número de criterios PEDro aprobados, a pesar de la dificultad de obtener un “triple ciego”, creemos que puede ser posible.

Conclusión

Los resultados obtenidos de esta revisión sistemática adicionan conocimiento respecto a los cambios que produce el NHT a las variables de fuerza muscular y arquitectura muscular, dicha información a nuestro juicio, puede ser de gran utilidad para kinesiólogos, preparadores físicos, médicos deportivos, profesores del área del deporte e investigación. Los resultados fundamentan la importancia de implementar el NHE en cualquier plan de entrenamiento en deportes colectivos o individuales en los cuales el deportista deba realizar carreras a máxima velocidad con el fin de prevenir lesiones, aumentar la fuerza excéntrica máxima, fuerza excéntrica relativa, fuerza isométrica, fuerza isokinética y la longitud de los fascículos de la musculatura isquiotibial, lo que eventualmente podría mejorar el rendimiento del deportista, sumado a lo anterior cada variable es responsable por sí sola de informar un hallazgo importante para la prevención de lesiones y su beneficio a la demanda de exigencia actual de fútbol. No obstante, a pesar de que la evidencia menciona y se contradice sobre que los valores obtenidos de fuerza excéntrica máxima, fuerza excéntrica relativa, fuerza isométrica, fuerza isokinética y longitud de los fascículos que inducen el NHE, estos son índices predictores de lesiones y además cuantifican la efectividad el NHE para incidir en sus valores, creemos que el beneficio en el cambio positivo realizado por el NHT es fundamental para el correcto y eficiente funcionamiento de la biomecánica y demanda actual de fútbol. Sin embargo, los efectos fisiológicos estructurales no bastan para una prevención total de lesiones por lo que no se debe dejar de lado factores intrínsecos de los sujetos, los cuales podrían afectar de manera indirecta las modificaciones de la fuerza y arquitectura musculares, dicho esto, concluimos que el NHE es efectivo en la modificación de las variables lo que conducirá a una correcta y eficiente prevención de lesiones de isquiotibiales. Sin embargo, el realizar una evaluación integral de manera biopsicosocial nos entrega focos en los cuales trabajar de manera individualizada con el sujeto, para acercarnos a una prevención de lesiones completa.

REFERENCIAS

1. Backx, F. J. G., Beijer, H. J. M., Bol, E., & Erich, W. B. M. (1991). Injuries in high-risk persons and high-risk sports. A longitudinal study of 1818 school children. *The American Journal of Sports Medicine*, 19(2), 124–130.
2. Giza, E., & Micheli, L. J. (2005). Soccer injuries. *Medicine and Sport Science*, 49, 140–169. <https://doi.org/10.1159/000085395>
3. Ekstrand, J., Hägglund, M., & Waldén, M. (2011). Injury incidence and injury patterns in professional football: the UEFA injury study. *British Journal of Sports Medicine*, 45(7), 553–558. <https://doi.org/10.1136/BJSM.2009.060582>

4. Ekstrand, J. (2008). Epidemiology of football injuries. *Science & Sports*, 23(2), 73–77. <https://doi.org/10.1016/J.SCISPO.2007.10.012>
5. Pfirmann, D., Herbst, M., Ingelfinger, P., Simon, P., & Tug, S. (2016). Analysis of Injury Incidences in Male Professional Adult and Elite Youth Soccer Players: A Systematic Review. *Journal of Athletic Training*, 51(5), 410–424.
6. Ekstrand, J., Waldén, M., & Hägglund, M. (2016a). 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>
7. Ekstrand, J., Krutsch, W., Spreco, A., van Zoest, W., Roberts, C., Meyer, T., & Bengtsson, H. (2020). Time before return to play for the most common injuries in professional football: a 16-year follow-up of the UEFA Elite Club Injury Study. *British Journal of Sports Medicine*, 54(7), 421–426.
8. Harley, J. A., Barnes, C. A., Portas, M., Lovell, R., Barrett, S., Paul, D., & Weston, M. (2010). Motion analysis of match-play in elite U12 to U16 age-group soccer players. <https://doi.org/10.1080/02640414.2010.510142>, 28(13), 1391–1397. <https://doi.org/10.1080/02640414.2010.510142>
9. Yagiz, G., Akaras, E., Kubis, H. P., & Owen, J. A. (2021). Heterogeneous effects of eccentric training and nordic hamstring exercise on the biceps femoris fascicle length based on ultrasound assessment and extrapolation methods: A systematic review of randomised controlled trials with meta-analyses. *PLoS ONE*, 16(11). <https://doi.org/10.1371/JOURNAL.PONE.0259821>
10. MacDonald, B., McAleer, S., Kelly, S., Chakraverty, R., Johnston, M., & Pollock, N. (2019). Hamstring rehabilitation in elite track and field athletes: applying the British Athletics Muscle Injury Classification in clinical practice. *British Journal of Sports Medicine*, 53(23), 1464–1473. <https://doi.org/10.1136/BJSPORTS-2017-098971>
11. Comin, J., Malliaras, P., Baquie, P., Barbour, T., & Connell, D. (2013). Return to competitive play after hamstring injuries involving disruption of the central tendon. *The American Journal of Sports Medicine*, 41(1), 111–115. <https://doi.org/10.1177/0363546512463679>
12. Hägglund, M., Waldén, M., & Ekstrand, J. (2003). Exposure and injury risk in Swedish elite football: a comparison between seasons 1982 and 2001. *Scandinavian Journal of Medicine & Science in Sports*, 13(6), 364–370. doi:10.1046/j.1600-0838.2003.00327.x

13. Moore (2013). Anatomía con orientación clínica. Wolters Kluwer. Edición 7ma. Capítulo 5 miembro inferior
14. 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. *British Journal of Sports Medicine*, 38(1), 36–41. <https://doi.org/10.1136/BJSM.2002.002352>
15. Opar, D. A., Williams, M. D., & Shield, A. J. (2012). Hamstring Strain Injuries. *Sports Medicine* 2012 42:3, 42(3), 209–226. <https://doi.org/10.2165/11594800-000000000-00000>
16. Afonso, J., Rocha-Rodrigues, S., Clemente, F. M., Aquino, M., Nikolaidis, P. T., Sarmiento, H., Fílder, A., Olivares-Jabalera, J., & Ramirez-Campillo, R. (2021). The Hamstrings: Anatomic and Physiologic Variations and Their Potential Relationships With Injury Risk. *Frontiers in Physiology*, 12, 694604.
17. de Hoyo, M., Naranjo-Orellana, J., Carrasco, L., Sañudo, B., Jiménez-Barroca, J. J., & Domínguez-Cobo, S. (2013b). 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. [https://doi.org/10.1016/S1888-7546\(13\)70032-7](https://doi.org/10.1016/S1888-7546(13)70032-7)
18. de Hoyo, M., Pozzo, M., Sañudo, B., Carrasco, L., Gonzalo-Skok, O., Domínguez-Cobo, S., & Morán-Camacho, E. (2015). Effects of a 10-week in-season eccentric-overload training program on muscle-injury prevention and performance in junior elite soccer players. *International Journal of Sports Physiology and Performance*, 10(1), 46–52. <https://doi.org/10.1123/ijspp.2013-0547>
19. 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>
20. Bizzini, M., & Dvorak, J. (2015). FIFA 11+: an effective programme to prevent football injuries in various player groups worldwide—a narrative review. *British Journal of Sports Medicine*, 49(9), 577–579. <https://doi.org/10.1136/BJSPORTS-2015-094765>
21. Timmins, R. G., Shield, A. J., Williams, M. D., Lorenzen, C., & Opar, D. A. (2015). Biceps femoris long head architecture: a reliability and retrospective injury

study. *Medicine and Science in Sports and Exercise*, 47(5), 905–913.
<https://doi.org/10.1249/MSS.0000000000000507>

22. Lieber RL, Bodine-Fowler SC. Skeletal muscle mechanics: implications for rehabilitation. *Phys Ther*. 1993 Dec;73(12):844-56. doi: 10.1093/ptj/73.12.844. PMID: 8248293.

23. Timmins RG, Bourne MN, Shield AJ, Williams MD, Lorenzen C, Opar DA. Short biceps femoris fascicles and eccentric knee flexor weakness increase the risk of hamstring injury in elite football (soccer): a prospective cohort study. *Br J Sports Med*. 2016 Dec;50(24):1524-1535. doi: 10.1136/bjsports-2015-095362. Epub 2015 Dec 16. PMID: 26675089.

24. Pincheira, P. A., Boswell, M. A., Franchi, M. V., Delp, S. L., & Lichtwark, G. A. (2022). Biceps femoris long head sarcomere and fascicle length adaptations after 3 weeks of eccentric exercise training. *Journal of Sport and Health Science*, 11(1), 43–49. <https://doi.org/10.1016/j.jshs.2021.09.002>

25. Rico-González, A., & Morales-Hernández, A. G. (2021). El protocolo de curl Nórdico y sus efectos en jugadores de fútbol. Una revisión narrativa. *Revista Digital: Seymore*, K. D., Domire, Z. J., DeVita, P., Rider, P. M., & Kulas, A. S. (2017). The effect of Nordic hamstring strength training on muscle architecture, stiffness, and strength. *European Journal of Applied Physiology* 2017 117:5, 117(5), 943–953. <https://doi.org/10.1007/S00421-017-3583-3>

26. Huygaerts, S., Cos, F., Cohen, D. D., Calleja-González, J., Guitart, M., Blazeovich, A. J., & Alcaraz, P. E. (2020). Mechanisms of hamstring strain injury: Interactions between fatigue, muscle activation and function. *Sports*, 8(5), 65.

27. O'Boyle, M., Brogden, C. M., & Greig, M. (2020). The effect of pre-exercise Nordic hamstring exercise on hamstring neuromuscular response during soccer-specific activity. <https://doi.org/10.1080/24733938.2020.1837923>, 5(3), 242–249. <https://doi.org/10.1080/24733938.2020.1837923>

28. Blandford, L., Theis, N., Charvet, I., & Mahaffey, R. (2018). Is neuromuscular inhibition detectable in elite footballers during the Nordic hamstring exercise.

29. Maher, C. G., Sherrington, C., Herbert, R. D., Moseley, A. M., & Elkins, M. (2003). Reliability of the PEDro scale for rating quality of randomized controlled trials. *Physical Therapy*, 83(8), 713–721. <https://doi.org/10.1093/ptj/83.8.713>

30. Presland, J. D., Timmins, R. G., Bourne, M. N., Williams, M. D., & Opar, D. A. (2018). The effect of Nordic hamstring exercise training volume on biceps femoris long

head architectural adaptation. *Scandinavian Journal of Medicine & Science in Sports*, 28(7), 1775–1783. <https://doi.org/10.1111/sms.13085>

31. 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>

32. Ribeiro-Alvares, J. B., Marques, V. B., Vaz, M. A., & Baroni, B. M. (2018). Four weeks of Nordic hamstring exercise reduce muscle injury risk factors in young adults. *Journal of Strength and Conditioning Research*, 32(5), 1254–1262. <https://doi.org/10.1519/JSC.0000000000001975>

33. Marshall, P. W. M., Lovell, R., Knox, M. F., Brennan, S. L., & Siegler, J. C. (2015). Hamstring fatigue and muscle activation changes during six sets of Nordic hamstring exercise in amateur soccer players. *Journal of Strength and Conditioning Research*, 29(11), 3124–3133. <https://doi.org/10.1519/JSC.0000000000000966>

33. Bourne, M. N., Duhig, S. J., Timmins, R. G., Williams, M. D., Opar, D. A., Al Najjar, A., Kerr, G. K., & Shield, A. J. (2017). Impact of the Nordic hamstring and hip extension exercises on hamstring architecture and morphology: implications for injury prevention. *British Journal of Sports Medicine*, 51(5), 469–477. <https://doi.org/10.1136/bjsports-2016-096130>

34. Seymore, K. D., Domire, Z. J., DeVita, P., Rider, P. M., & Kulas, A. S. (2017). The effect of Nordic hamstring strength training on muscle architecture, stiffness, and strength. *European Journal of Applied Physiology*, 117(5), 943–953. <https://doi.org/10.1007/s00421-017-3583-3>

35. Siddle, J., Greig, M., Weaver, K., Page, R. M., Harper, D., & Brogden, C. M. (2019). Acute adaptations and subsequent preservation of strength and speed measures following a Nordic hamstring curl intervention: a randomised controlled trial. *Journal of Sports Sciences*, 37(8), 911–920. <https://doi.org/10.1080/02640414.2018.1535786>

36. Llurda-Almuzara, L., Labata-Lezaun, N., López-de-Celis, C., Aiguadé-Aiguadé, R., Romaní-Sánchez, S., Rodríguez-Sanz, J., Fernández-de-Las-Peñas, C., & Pérez-Bellmunt, A. (2021). Biceps femoris activation during hamstring strength exercises: A systematic review. *International Journal of Environmental Research and Public Health*, 18(16). <https://doi.org/10.3390/ijerph18168733>
37. Dauty, M., Menu, P., & Fouasson-Chailloux, A. (2018). Cutoffs of isokinetic strength ratio and hamstring strain prediction in professional soccer players. *Scandinavian Journal of Medicine & Science in Sports*, 28(1), 276–281. <https://doi.org/10.1111/sms.12890>
38. Green, B., Bourne, M. N., & Pizzari, T. (2018). Isokinetic strength assessment offers limited predictive validity for detecting risk of future hamstring strain in sport: a systematic review and meta-analysis. *British Journal of Sports Medicine*, 52(5), 329–336. <https://doi.org/10.1136/bjsports-2017-098101>
39. Baltzopoulos, V., & Brodie, D. A. (1989). Isokinetic Dynamometry: Applications and Limitations. *Sports medicine (Auckland, N.Z.)*, 8(2), 101–116. <https://doi.org/10.2165/00007256-198908020-00003>
40. Badillo, J. J. G., & Ayestarán, E. G. (2002). *Fundamentos del entrenamiento de la fuerza. Aplicación al alto rendimiento deportivo: texto básico del Máster Universitario en Alto Rendimiento Deportivo del Comité Olímpico Español y de la Universidad Autónoma de Madrid*. INDE Publicaciones.
41. Timmins, R. G., Filopoulos, D., Nguyen, V., Giannakis, J., Ruddy, J. D., Hickey, J. T., Maniar, N., & Opar, D. A. (2021). Sprinting, strength, and architectural adaptations following hamstring training in Australian Footballers. *Scandinavian Journal of Medicine & Science in Sports*, 31(6), 1276–1289. <https://doi.org/10.1111/sms.13941>
42. Ribeiro-Alvares J, Marques VB, Vaz MA, Baroni BM. Four weeks of Nordic hamstring exercise reduce muscle injury risk factors in young adults. *J Strength Cond Res*. 2018;32(5):1254–1262. PubMed ID: 28459795 doi:10.1519/JSC.0000000000001975

43. Moreno-Pérez V, Méndez-Villanueva A, Soler A, Del Coso J, Courel-Ibáñez J. No relationship between the nordic hamstring and two different isometric strength tests to assess hamstring muscle strength in professional soccer players. *Phys Ther Sport* [Internet]. 2020;46:97–103. Disponible en: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S1466853X20305083>
44. Heiderscheit BC, Sherry MA, Silder A, Chumanov ES, Thelen DG. Hamstring strain injuries: recommendations for diagnosis, rehabilitation, and injury prevention. *J Orthop Sports Phys Ther* [Internet]. 2010;40(2):67–81. Disponible en: <http://dx.doi.org/10.2519/jospt.2010.3047>
45. Reurink G, Goudswaard GJ, Moen MH, Tol JL, Verhaar JAN, Weir A. Strength measurements in acute hamstring injuries: Intertester reliability and prognostic value of handheld dynamometry. *J Orthop Sports Phys Ther* [Internet]. 2016;46(8):689–96. Disponible en: <http://dx.doi.org/10.2519/jospt.2016.6363>
46. Nishida S, Nakamura M, Kiyono R, Sato S, Yasaka K, Yoshida R, et al. Relationship between Nordic hamstring strength and maximal voluntary eccentric, concentric and isometric knee flexion torque. *PLoS One* [Internet]. 2022;17(2):e0264465. Disponible en: <http://dx.doi.org/10.1371/journal.pone.0264465>
47. Medeiros DM, Marchiori C, Baroni BM. Effect of Nordic hamstring exercise training on knee flexors eccentric strength and fascicle length: A systematic review and meta-analysis. *J Sport Rehabil* [Internet]. 2020 [citado el 22 de noviembre de 2022];30(3):482–91. Disponible en: <https://journals.humankinetics.com/view/journals/jsr/30/3/article-p482.xml>
48. Morgan DL. New insights into the behavior of muscle during active lengthening. *Biophys J* [Internet]. 1990;57(2):209–21. Disponible en: [http://dx.doi.org/10.1016/S0006-3495\(90\)82524-8](http://dx.doi.org/10.1016/S0006-3495(90)82524-8)
49. Franchi, M. V., Reeves, N. D., & Narici, M. V. (2017). Skeletal muscle remodeling in response to eccentric vs. Concentric loading: Morphological, molecular, and metabolic adaptations. *Frontiers in Physiology*, 8, 447. <https://doi.org/10.3389/fphys.2017.00447>

50. Schoenfeld, B. J. (2010). Squatting kinematics and kinetics and their application to exercise performance. *Journal of Strength and Conditioning Research*, 24(12), 3497–3506. <https://doi.org/10.1519/JSC.0b013e3181bac2d7>