



Universidad
Zaragoza

Trabajo Fin de Grado

Efectos del ejercicio excéntrico “Nordic Hamstring”
sobre la musculatura isquiotibial de deportistas con
demandas de carrera de alta intensidad.
Revisión sistemática.

Autor

Francisco Javier Almolda Tomás

Director

María Concepción Sanz Rubio

Facultad de ciencias de la salud
2018

ÍNDICE

	Página
1. Resumen.....	3
2. Introducción.	4
3. Objetivos.	7
4. Metodología.....	8
4.1. Bases de datos y estrategias de búsqueda.	8
4.2. Criterios de inclusión y exclusión.....	10
4.3. Sumatorio de búsqueda y selección de los artículos.	10
4.4. Criterios de calidad científica y metodológica.	11
4.5. Riesgo de sesgo.	11
4.6. Extracción de datos.....	12
4.7. Niveles de evidencia.....	12
5. Resultados.	13
5.1. Criterios de calidad científica y metodológica.	13
5.2. Riesgo de sesgo.	15
5.3. Características de los estudios.	17
6. Discusión.	26
7. Conclusiones.	35
8. Bibliografía.	36
9. Anexos	41
Anexo I. Estrategias de búsqueda.	41

1. Resumen.

Introducción. La musculatura isquiotibial tiene una gran importancia en deportes que demandan carreras de alta intensidad, tanto por su incidencia lesional, como por su influencia sobre el rendimiento deportivo. El ejercicio de sobrecarga excéntrica, y en concreto el ejercicio nórdico para isquiotibiales o *Nordic Hamstring Exercise*, se presenta como una opción de ejercicio terapéutico que puede modular los factores de riesgo de lesión isquiotibial y disminuir su incidencia lesional.

Objetivo. Esta revisión sistemática tiene como objetivo integrar la evidencia en torno a los efectos del ejercicio excéntrico *Nordic Hamstring Exercise* sobre la musculatura isquiotibial de deportistas que presentan demandas de carrera de alta intensidad.

Metodología. Se realizó una búsqueda bibliográfica hasta marzo de 2018, para a partir de los resultados obtenidos, desarrollar una revisión sistemática de acuerdo a las directrices PRISMA. Se incluyeron en la revisión un total de 7 investigaciones que cumplían los criterios de inclusión y exclusión las cuales utilizaron el ejercicio excéntrico *Nordic Hamstring Exercise* como parte del entrenamiento habitual.

Resultados. Se encontraron evidencias de que el uso del *Nordic Hamstring Exercise* desarrollado en el contexto del entrenamiento habitual, contribuye a la mejora de la fuerza excéntrica y a la optimización de la relación entre las variables tensión-longitud de los músculos isquiotibiales. Además, provoca cambios en la arquitectura muscular y disminuye la incidencia lesional en isquiotibiales, sin causar efectos negativos en el rendimiento deportivo.

Conclusión. Los resultados sugieren que los fisioterapeutas que desarrollan su labor en el ámbito deportivo que exige carrera de alta intensidad, deben considerar la incorporación de programas de ejercicio terapéutico que incluyan el ejercicio nórdico o *Nordic Hamstring Exercise*.

Palabras clave. *Hamstring Muscles, Nordic Hamstring Exercise, Nordic Curl, eccentric exercise.*

2. Introducción.

La función de los músculos isquiotibiales es un tema de gran interés dentro de la investigación científica en fisioterapia del deporte y del ejercicio físico. Tal importancia se debe, tanto a la influencia que tiene esta musculatura sobre el rendimiento deportivo por la importante función de propulsión durante actividades de alta velocidad, como a su elevado índice de lesión.

Las lesiones de la musculatura isquiotibial suponen un gran impacto en la práctica deportiva, al tener una incidencia lesional de entre el 12% y el 29% del total de lesiones ocurridas en deportes que requieren carreras de alta intensidad(1). Además, este tipo de lesiones muestra una importante ratio de recidivas, por lo que entre un 22% y 34% de los deportistas vuelven a sufrir una segunda lesión de la musculatura isquiotibial(1,2). Como factores de riesgo asociados a la lesión isquiotibial, se diferencian factores no modificables, como la edad o haber sufrido otra lesión previa y factores modificables, como desequilibrios musculares, acortamiento muscular, déficit de fuerza, fatiga muscular, alteraciones lumbo-pélvicas o técnica deportiva inadecuada(3).

La literatura científica sugiere dos opciones como mecanismo de lesión de la musculatura isquiotibial. Por un lado, pueden ocurrir al aumentar la longitud del músculo cuando las articulaciones, sobre las que tiene repercusión tal musculatura, se sitúan en posiciones extremas. Por otro lado, aparecen en situaciones de carrera de alta intensidad(2). Durante la fase final de la carrera, la musculatura isquiotibial es requerida de forma excéntrica para decelerar la extensión de la rodilla y la flexión de la cadera lo que le hace alcanzar su máxima longitud. De esta forma, el elevado estrés excéntrico que debe soportar la musculatura, especialmente el bíceps femoral, contribuye a la aparición de lesiones(4). Las lesiones en la musculatura isquiotibial tienen influencia sobre su arquitectura, disminuyendo la longitud de los fascículos musculares y aumentando el ángulo de penación en relación a los músculos contralaterales sanos(5), lo que provoca una alteración de la funcionalidad muscular y se asocia a una mayor incidencia lesional (5).

Se ha observado cómo la realización de ejercicio terapéutico de tipo excéntrico puede ser un método adecuado para la prevención y disminución de lesiones en la musculatura isquiotibial(6), ya que se ha demostrado cómo este tipo de ejercicio, entre otras características, provoca hipertrofia muscular, un aumento de la longitud de los fascículos musculares a través de un aumento de los sarcómeros o sarcomerogénesis en línea y una disminución del ángulo de penación(7,8). Tales cambios en la estructura muscular son reversibles tras un periodo de no estimulación excéntrica(7).

Diferentes estudios han examinado los cambios en la estructura muscular al aplicar carga excéntrica a través de dinamometría isocinética(7), sin embargo, el uso de estos sistemas presenta algunos inconvenientes para los deportistas, como por ejemplo su alto costo, acceso limitado o manejo complejo(3). Además, son poco prácticos debido a que su uso requiere mucho tiempo (sobre todo en grupos grandes de deportistas) y pueden ser considerados como no funcionales al realizarse en posición de sedestación y tener poca similitud con las actividades deportivas(3,7). Por ello existe la necesidad de evaluar otros métodos de ejercicio excéntrico alternativos al ejercicio isocinético.

El Ejercicio Nórdico para isquiotibiales o "*Nordic Hamstring Exercise*" (NHE) (Figura 1), es un ejercicio diseñado para el fortalecimiento de la musculatura isquiotibial de forma excéntrica(3), siendo este ejercicio fácil de llevar a la práctica y requiriendo solamente la presencia de un asistente. La situación de partida del ejecutante es una posición de apoyo de las rodillas con la cadera y el tronco alineados. El asistente se encarga de realizar una sujeción de los talones del ejecutante, asegurando que sus pies no pierdan el contacto con el suelo durante el desarrollo del ejercicio. La acción se inicia con un desequilibrio del tronco del ejecutante hacia delante, el cual intenta evitar el descenso a través de la extensión controlada de las rodillas, lo que supone una activación excéntrica de la musculatura isquiotibial. Las manos y brazos se usan tanto para amortiguar la caída cuando no es posible soportar la fuerza de la gravedad y el ejecutante se desploma sobre el suelo, como para volver a la posición inicial minimizando la carga concéntrica(3).

Al ser un ejercicio bilateral, le ejecución del NHE recluta ambos miembros de forma equitativa, reduce las asimetrías de fuerza entre miembros contralaterales y mejora la ratio de fuerza agonista-antagonista (isquiotibiales-cuádriceps) en sujetos sin lesión previa (9,10).

Se ha observado como la inclusión del NHE en el programa de entrenamiento habitual, mejora la fuerza y el control dinámico de la musculatura isquiotibial, aumenta el pico de torque isquiotibial más cercano a la extensión completa de la rodilla y reduce la incidencia de lesiones isquiotibiales en deportistas de equipo (6,11). Asimismo, el método excéntrico del NHE muestra mejoras superiores y más efectivas en la ganancia de fuerza en comparación con el ejercicio concéntrico(9).

Además, este ejercicio ha demostrado una correlación significativa entre el "ángulo de ruptura" y el torque máximo isquiotibial, así como la capacidad para cambiar la longitud de los fascículos musculares en el bíceps femoral(3,12), lo que apunta que este ejercicio es eficaz para el entrenamiento funcional de fortalecimiento excéntrico de deportistas. También se postula que el NHE podría ser usado como test para valorar la fuerza excéntrica de los isquiotibiales y determinar el riesgo de lesión isquiotibial(3). Tal afirmación se justifica a través de que un menor ángulo de ruptura supondría una mayor fuerza excéntrica de los isquiotibiales, lo que a su vez se relaciona con menor riesgo de lesión(3).

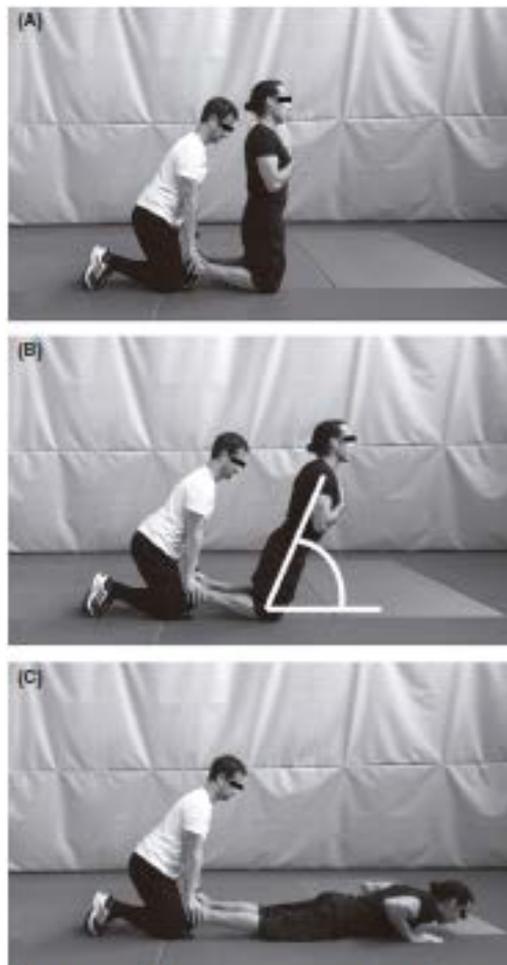


Figura 1. Nordic hamstring exercise: (A) inicio, (B) punto medio que indica el ángulo de ruptura, (C) final del ejercicio (26).

La implementación de cualquier protocolo destinado a disminuir la incidencia lesional debe ir acorde con los objetivos del deportista, evitando que los efectos preventivos puedan afectar a su rendimiento. Por ello, a pesar de la existencia de estudios que determinan que el NHE podría perjudicar el rendimiento deportivo y promocionar la lesión isquiotibial(13), investigaciones más recientes indican que la realización de un protocolo de NHE de forma aislada aumenta la fuerza excéntrica isquiotibial, factor esencial para el rendimiento en el sprint(14). No se han desarrollado muchos estudios que valoren los efectos del ejercicio excéntrico NHE de forma aislada sobre variables relacionadas con el rendimiento deportivo, pero los estudios que emplean este ejercicio acompañando al entrenamiento habitual, muestran que el rendimiento en salto y sprint aumenta o se mantiene igual junto con el incremento de la fuerza isquiotibial de tipo excéntrico(15).

3. Objetivos.

El objetivo principal del trabajo ha sido reunir, valorar e integrar la evidencia científica que existe en relación a los efectos que tiene la realización de ejercicio terapéutico de tipo excéntrico a través del NHE sobre la musculatura isquiotibial de deportistas adultos que realizan deportes con demandas de carrera de alta intensidad. Los objetivos específicos que se han planteado alcanzar son:

1. Describir qué cambios provoca la práctica del NHE en la arquitectura muscular isquiotibial así como en los parámetros de fuerza e índice de lesión o recidiva.
2. Conocer si existen protocolos para la realización del NHE que establezcan cuáles son las pautas y/o momentos más adecuados para su puesta en práctica.
3. Observar si la realización del ejercicio excéntrico NHE interfiere de forma positiva o negativa en variables relacionadas con el rendimiento deportivo como la capacidad de salto y la velocidad de carrera.

4. Metodología.

4.1. Bases de datos y estrategias de búsqueda.

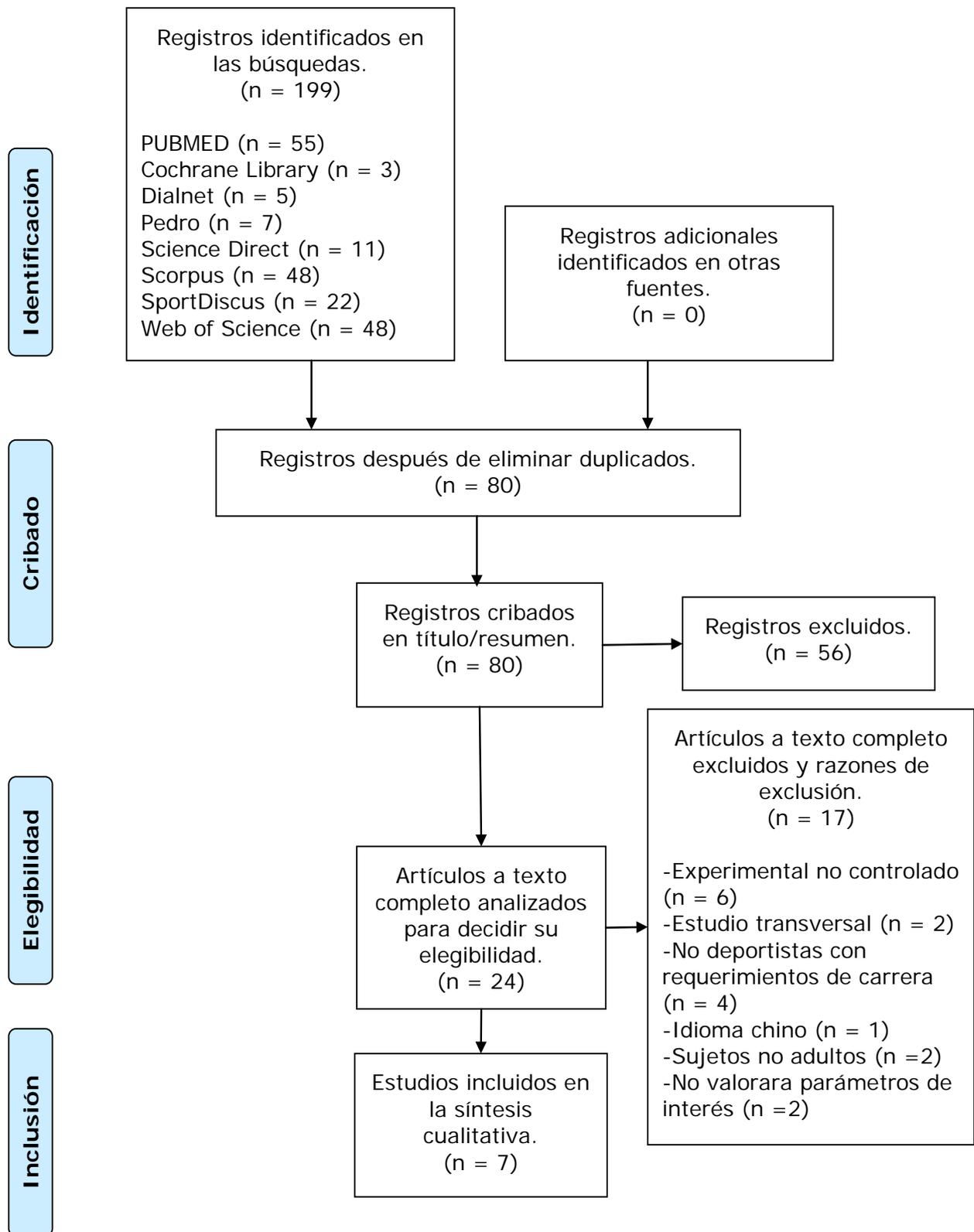
En el presente estudio se ha realizado una revisión sistemática siguiendo la metodología propuesta por *Preferred Reporting Items for Systematic reviews and Meta-Analyses (PRISMA) Statement*(16), donde ha sido incluido el diagrama de flujo para la elección de los artículos (Figura 2).

Los estudios incluidos en esta revisión han sido extraídos a través de una búsqueda en las principales bases de datos electrónicas relacionadas con la materia de estudio. Concretamente han sido consultadas las siguientes bases de datos: Pubmed, Dialnet, Pedro, Science Direct, Scopus, Sport Discus, Web of Science, Cochrane Library. La búsqueda ha contemplado toda aquella información relativa al objeto de estudio publicada hasta el 5 de marzo de 2018 durante los últimos 10 años.

Se ha utilizado para el desarrollo de la búsqueda los términos "Hamstring Muscles" (término Mesh), "Nordic Hamstring", "Nordic Hamstring Exercise" "Nordic Curl" y "eccentric exercise". Tales términos han sido empleados como estrategia de búsqueda en las bases de datos citadas anteriormente. Además se ha incluido la opción de búsqueda avanzada combinando los términos mencionados con los operadores booleanos "AND" y "OR" (estrategia de búsqueda en Anexo I)

Al finalizar la búsqueda, se han obtenido los estudios más relevantes para elaborar la presente revisión.

Figura 1. Diagrama de flujo para la elección de los estudios.



4.2. Criterios de inclusión y exclusión.

Los criterios de inclusión a cumplir por los estudios han sido los siguientes:

Tipo de estudio: corte longitudinal, experimental y controlados que estudien la aplicación del NHE de forma aislada o incluyéndose este en el programa habitual de entrenamiento y valoren su influencia sobre los músculos isquiotibiales.

Participantes: adultos que realicen actividades deportivas competitivas que requieran carreras de alta intensidad.

Tipo de intervención: comparación de grupos o intrasujeto habiéndose incluido la realización del NHE.

Tipos de mediciones: aquellos estudios que incluyan al menos una valoración de cambios en la estructura muscular (espesor, longitud, ángulo de penación), fuerza, incidencia lesional o variaciones en el rendimiento deportivo (salto o carrera de alta intensidad).

Los criterios de exclusión que se han tenido en cuenta han sido los siguientes:

Estudios en un idioma diferentes del inglés o español.

Estudios no publicados.

Estudios retrospectivos o transversales.

Estudios no comparativos.

Artículos sin libre acceso al texto completo desde las fuentes de la Universidad de Zaragoza.

4.3. Sumatorio de búsqueda y selección de los artículos.

En la búsqueda se han identificado conforme a los términos usados 199 artículos considerados potencialmente relevantes. A través del gestor bibliográfico Refworks se han eliminado los duplicados (n=119) obteniéndose 80 artículos. Estos han sido cribados en título y resumen, reduciéndose a 24 artículos potenciales para su inclusión. Se ha obtenido una copia a texto completo de los mismos a través del acceso permitido de la Universidad de Zaragoza. Del total de artículos revisados a texto completo, 7 han cumplido los criterios de inclusión, siendo estos incluidos en la presente revisión.

4.4. Criterios de calidad científica y metodológica.

Ha sido evaluada la calidad científica y metodológica de los estudios incluidos en la revisión mediante la herramienta PEDro Score(17), el factor de impacto y cuartil de las revistas donde se publicaron los artículos.

El propósito de la escala PEDro es ayudar a identificar cuáles de los ensayos clínicos pueden tener suficiente validez interna y suficiente información estadística para hacer que sus resultados sean interpretables(17). Esta escala consta de 11 criterios o ítems, de los cuales el primero no se considera para la puntuación final. A cada ítem se le asigna "+" o "-" en función de si el criterio es claramente satisfecho en el estudio. Los criterios señalados con "+" son aquellos que se cumplen de forma manifiesta. Por el contrario, los criterios que no se satisfacen o no se muestran claramente son asignados "-". La puntuación máxima que puede alcanzar un estudio es de 10 puntos si satisface todos los criterios (Tabla 1).

Por otro lado, el factor de impacto o índice JCR (*Journal Citation Reports*), es una medida de la importancia de una publicación científica. Se calcula anualmente por el *Institute for Scientific Information* (ISI) y mide el impacto de una revista en función de las citas recibidas por los artículos publicados. En esta revisión se ha utilizado el factor de impacto de 2016 por ser el más actualizado. El cuartil es un indicador para conocer la importancia de una revista dentro del total de revistas de su área de conocimiento. Es una medida de posición que se obtiene al ordenar de mayor a menor índice de impacto el conjunto de revistas y se determina en qué posición se encuentra (Tabla 2).

4.5. Riesgo de sesgo.

El riesgo de sesgo de los estudios incluidos (Tabla 3) ha sido identificado con el fin de completar la evaluación sobre la validez interna de los mismos. Para ello se ha utilizado la herramienta propuesta por Colaboración Cochrane(18), que consta de 6 ítems a valorar en cada uno de los estudios. Si el ítem se cumple, se valora de forma positiva "+", si no se cumple se, valora negativamente "-" y si no está definido de forma explícita "?".

4.6. Extracción de datos.

La extracción de los datos relevantes se ha llevado a cabo usando un formulario de extracción estándar(18) que ha incluido los siguientes datos: 1-autor y años, 2-diseño del estudio, 3-muestra o participantes del estudio, 4-tipo de intervención, 5- parámetros de la intervención, 6-medición de resultados, 7-resultados, 8- cumplimiento/adherencia y actividades deportivas/concurrentes.

4.7. Niveles de evidencia.

Ha sido interpretado el nivel de evidencia de la revisión (Tabla 4) a través de la clasificación propuesta por Van Tulder *et al.* (19). Los estudios con una puntuación PEDro igual o mayor a 6/10 son considerados de alta calidad, mientras que aquellos con una puntuación menor o igual de 5/10, se consideran como moderada calidad metodológica. La inclusión de dos artículos con alta calidad metodológica hace que la revisión obtenga mayor validez interna. La revisión incluye 3 estudios con puntuación PEDro igual o superior a 6 y tres estudios con puntuación igual a 5, por lo que se establece que los hallazgos pueden considerarse con una evidencia fuerte.

Nivel de evidencia(19)	Características
Fuerte	Hallazgos consistentes a partir de múltiples (dos o más) ECA de alta calidad*.
Moderada	Hallazgos consistentes a partir de múltiples ECA de baja calidad y/o ECC y/o 1 ECA de alta calidad.
Limitada	Hallazgo a partir de un ECA o ECC de baja calidad.
Contradictorio	Hallazgos inconsistentes a partir de múltiples ensayos.
Sin evidencia a partir de ensayos	No ECA o ECC

ECA: ensayo clínico aleatorizado, ECC: ensayo clínico controlado

Tabla 4. Interpretación del nivel de evidencia de la revisión.

5. Resultados.

5.1. Criterios de calidad científica y metodológica.

Sólo uno de los artículos(10) ha obtenido menos de la mitad de la puntuación posible 4/10 en la escala PEDro. Tres artículos han cumplido(11,20,21) la mitad de los ítems 5/10 propuestos por la herramienta PEDro y otros tres más de la mitad, uno de ellos(22) 6/10 y los otros dos (23,24) 7/10. De acuerdo con la escala PEDro, los estudios que reciben una puntuación igual o mayor a 6 son considerados de alta calidad, mientras que aquellos que alcanzan una puntuación igual o mayor a 4 son considerados como moderada calidad. Por tanto el 42,85% de los artículos incluidos se califican con alta calidad y el 57,15% restante con calidad moderada.

Autor (año)	Criterios de evaluación											Puntuación total
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	
Van der Horst <i>et al</i> (2015)	+	+	-	+	-	-	-	-	+	+	+	5/10
Ishoi <i>et al</i> (2017)	+	+	+	+	-	-	+	+	+	+	-	7/10
Iga <i>et al</i> (2012)	+	+	+	+	-	-	-	+	+	+	+	7/10
Petersen <i>et al</i> (2011)	-	+	+	+	-	-	-	+	-	+	+	6/10
Anastasi <i>et al</i> (2011)	-	+	-	+	-	-	-	+	-	-	+	4/10
Sebelien <i>et al</i> (2017)	+	+	-	+	-	-	+	-	-	+	+	5/10
Lovell <i>et al</i> (2018)	+	+	-	-	-	-	-	+	+	+	+	5/10

1. Criterios de elegibilidad fueron especificados (no se cuenta para el total).

2. Sujetos fueron ubicados aleatoriamente en grupos.

3. La asignación a los grupos fue encubierta.

4. Los grupos tuvieron una línea de base similar en el indicador de pronóstico más importante.

5. Hubo cegamiento para todos los grupos.

6. Hubo cegamiento para todos los terapeutas que administraron la intervención.

7. Hubo cegamiento de todos los asesores que midieron al menos un resultado clave.

8. Las mediciones de al menos un resultado clave fueron obtenidas en más del 85% de los sujetos inicialmente ubicados en los grupos.

9. Todos los sujetos medidos en los resultados recibieron el tratamiento o condición de control tal como se les asignó, o si no fue este el caso, los datos de al menos uno de los resultados clave fueron analizados con intención de tratar.

10. Los resultados de comparaciones estadísticas entre grupos fueron reportados en al menos un resultado clave.

11. El estadístico provee puntos y mediciones de variabilidad para al menos un resultado clave.

Tabla 1. Escala PEDro para la evaluación de la calidad metodológica de los estudios incluidos.

A la hora de valorar la calidad de las publicaciones donde se recogen las investigaciones incluidas en esta revisión, se ha observado como todas a excepción de una (10), tienen un factor de impacto mayor a 2. Destacan las investigaciones de Van der Horst *et al* y Petersen *et al* recogidas en *The American Journal of Sports Medicine* con un factor de impacto de 5.673. En cuanto al cuartil en el que se sitúan las revistas, los resultados se establecen en la misma línea donde sólo una de las publicaciones(10) está en el último cuartil (Q4) de dos ámbitos de conocimiento. Todas las demás publicaciones (11,20-24) se sitúan en el primer cuartil (Q1) donde se encuentran las publicaciones de mayor calidad. Destaca *The American Journal of Sports Medicine*, que ocupa la primera posición (1/76) en el ámbito de conocimiento de ortopedia y la cuarta posición (4/81) en el ámbito deportivo. Todas las publicaciones recogidas en la revisión se encuentran dentro del ámbito de conocimiento deportivo. Tres publicaciones también se incluyen en el ámbito ortopédico (10,11,22) y una de ellas en el deportivo, ortopédico y en el ámbito de conocimiento de rehabilitación(20).

Autor (año)	Revista	Factor de impacto JCR	Cuartil
Van der Horst et al (2015)	The American Journal of Sports Medicine	5.673	Q1 1/76 Orthopaedics
			Q1 4/81 Sport Science
Ishoi et al (2017)	Journal of Sport Science	2.539	Q1 17/81 Sport Science
Iga et al (2012)	International Journal Of Sports Medicine	2.084	Q2 26/81 Sport Science
Petersen et al (2011)	The American Journal of Sports Medicine	5.673	Q1 1/76 Orthopaedics
			Q1 4/81 Sport Science
Anastasi et al (2011)	Isokinetics and Exercise Science	0.241	Q4 79/81 Sports Science
			Q4 74/76 Orthopaedics
Sebelien et al (2017)	Journal of Orthopaedic & Sports Physical Therapy	2.825	Q1 12/76 Orthopaedics
			Q1 8/65 Rehabilitation
			Q1 12/81 Sports Science
Lovell et al (2018)	Scandinavian Journal of Medicine and Science in Sports	3.331	Q1 8/81 Sports Science

Tabla 2. Factor de impacto y cuartil de las publicaciones que recogen los estudios incluidos.

5.2. Riesgo de sesgo.

Tabla 3. Resumen del riesgo de sesgo de cada ítem de los estudios incluidos.

Autor (año)	Generación aleatoria de la secuencia (sesgo de selección)	Asignación oculta (sesgo de selección)	Cegado de participantes y personal (sesgo de ejecución)	Evaluación ciega de resultados (sesgo de detección)	Datos incompletos de los resultados (sesgo de desgaste)	Información selectiva (sesgo de notificación)
Van der Horst et al (2015)	+	-	-	-	-	+
Ishoi et al (2017)	+	+	-	+	+	?
Iga et al (2012)	+	+	-	-	-	+
Petersen et al (2011)	+	+	-	-	+	+
Anastasi et al (2011)	+	-	-	-	+	?
Sebelien et al (2017)	+	-	-	+	-	+
Lovell et al (2018)	+	-	-	-	+	+

(+) bajo riesgo de sesgo, (-) alto riesgo de sesgo, (?) riesgo de sesgo incierto

Los resultados obtenidos tras la evaluación del riesgo de sesgo se muestran en la tabla anterior (Tabla 3). El riesgo de sesgo en relación a la aleatorización ha sido bajo en todos los estudios, mientras que por el contrario, el riesgo de sesgo ha sido alto en todos los estudios en referencia al criterio de cegado de participantes y personal. La asignación a los grupos sólo ha sido encubierta en tres de las investigaciones (22-24), por lo que el resto de estudios ha mostrado alto riesgo de sesgo en cuanto a la asignación. Sólo dos de las investigaciones evaluadas han realizado un cegamiento de la evaluación (20,24). Todos los resultados hasta el momento expuestos se muestran en concordancia con la puntuación obtenida en las calificaciones propuestas por PEDro (Tabla 1).

Respecto al ítem sobre los datos incompletos, 4 de las 7 investigaciones han obtenido un bajo riesgo de sesgo (10,21,22,24), mientras que el resto de los estudios se han considerado con un riesgo de sesgo alto al no especificar de forma clara la razón de los abandonos.

Por último, la mayor parte de los estudios (5 de los 7) han mostrado un riesgo de sesgo bajo para el criterio relativo a la notificación incompleta de los resultados. Al mismo tiempo dos de ellos han presentado un riesgo incierto al no haber podido comprobar el criterio(10,24).

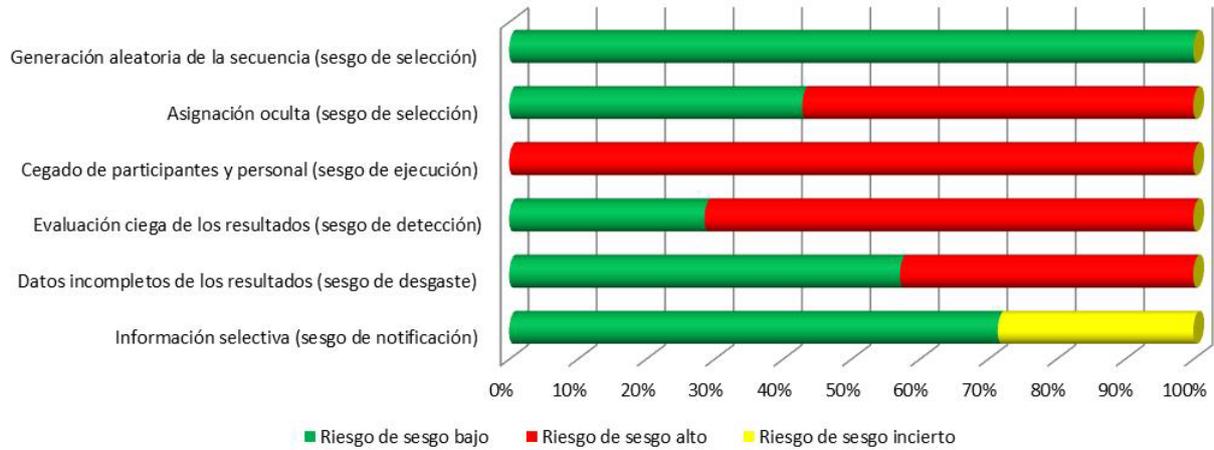


Figura 3. Riesgo de sesgo presentado por porcentajes de todos los estudios incluidos.

5.3. Características de los estudios.

Los estudios incluidos en la investigación contemplan un total de 1.782 sujetos, de los cuales, el 50,28% (896 sujetos) realizaron alguno de los protocolos de ejercicio excéntrico NHE que desarrollaron o se han basado en el protocolo propuesto por Mjolsnes(25). Además, todos los sujetos, tanto grupo intervención como control, continuaron con su entrenamiento habitual. Todos los sujetos fueron deportistas adultos (profesionales y no profesionales), cuya modalidad competitiva demanda carreras de alta intensidad, observándose como deportes el rugby y el fútbol. Solo 24 sujetos de la muestra eran mujeres y el resto hombres. En la Tabla 5 se muestran los resultados más relevantes del estudio.

Debido a la heterogeneidad de las poblaciones de estudio y medidas de resultado, la combinación estadística de los datos no ha sido posible, por lo que se ha realizado una síntesis cualitativa de los datos. Los artículos incluidos ocupan su interés en la ejecución de un plan de ejercicio excéntrico a través del NHE observando sus efectos sobre las variables: fuerza, cambios en la estructura muscular, índice lesional y variables de rendimiento deportivo, concretamente salto y carrera de alta intensidad o sprint. La mayoría de estudios (5/7) incluidos(10,20,21,23,24), se ocuparon de efectos sobre la fuerza tras el periodo de ejercicio excéntrico. Dos investigaciones(11,22) centraron su objeto de estudio en la incidencia lesional, otro valoró efectos sobre la estructura muscular(21), y tres de los artículos incluidos investigaron el efecto sobre el rendimiento en sprint(20,24) y salto vertical(10).

Anastasi *et al* observaron una reducción significativa ($p<0.05$) en el porcentaje de desequilibrio de la fuerza isquiotibial concéntrica isocinética entre miembros contralaterales en mujeres jugadoras de rugby tras un plan de ejercicio excéntrico NHE de 10 semanas. De este modo al término de la investigación disminuyó la diferencia de fuerza concéntrica entre la musculatura isquiotibial de un miembro y su contralateral en el grupo intervención. El mismo estudio también advirtió una mejora significativa ($p<0.05$) en la capacidad de salto, aumentando la altura en "*Counter Movement Jump*" (CMJ) o salto contra movimiento en el grupo experimental.

Isohi *et al* basaron su estudio en los efectos de 10 semanas de ejercicio excéntrico NHE sobre el rendimiento en sprint y la fuerza excéntrica máxima y resistencia de isquiotibiales en futbolistas no profesionales. Se obtuvieron mejoras cercanas a ser estadísticamente significativas en la capacidad de repetir sprint de 40 metros ($p < 0.056$) y en la velocidad de los 10 primeros metros del sprint ($p = 0.05$). Por otro lado, se obtuvieron mejoras significativas en la fuerza máxima excéntrica y la fuerza resistencia de la musculatura isquiotibial, valoradas a través del test NHE propuesto por Opar *et al* (2013).

Lovell *et al* valoraron el efecto de 12 semanas de NHE realizado antes o después del entrenamiento habitual en futbolistas universitarios sobre parámetros de la arquitectura muscular como el espesor o sección transversal, el ángulo de penación y la longitud de los fascículos musculares a través de ecografía, la capacidad de los isquiotibiales de generar fuerza excéntrica en dinamometría isocinética y la activación muscular a través de electromiografía de superficie. Las mejoras en la fuerza máxima excéntrica isquiotibial y de mayor activación en bíceps femoral, se observaron en ambos grupos intervención. Por otro lado, las adaptaciones morfológicas no fueron similares en ambos grupos intervención, ya que los sujetos que realizaron el ejercicio excéntrico después del entrenamiento, mostraron un incremento moderado del espesor muscular del bíceps femoral y un incremento pequeño del ángulo de penación en comparación al resto de grupos. Mientras que el grupo intervención, con ejercicio excéntrico NHE antes del entrenamiento, tuvo un incremento mayor del fascículo muscular en bíceps femoral respecto a los otros dos grupos restantes.

Iga *et al*, tras desarrollar un programa de 4 semanas de ejercicio excéntrico NHE en futbolistas profesionales, se centraron en observar (de forma independiente en ambos miembros inferiores) los cambios provocados sobre la fuerza máxima excéntrica isocinética en diferentes velocidades (60° - 120° - 240°s^{-1}) en la musculatura flexora de rodilla así como la activación muscular durante el mismo test dinamométrico a través de electromiografía. Los resultados mostraron en el grupo intervención incrementos significativos ($p < 0.05$) de la fuerza excéntrica máxima isocinética isquiotibial, no evidenciándose diferencias en función de la

velocidad de ejecución. Además, hubo una mayor activación muscular ($p < 0.001$) en posiciones de mayor extensión de la rodilla. Los datos indicaron que los isquiotibiales de ambas extremidades se involucraban de manera similar durante NHE y tenían ganancias de fuerza máxima excéntrica semejantes.

Petersen *et al* analizaron, en futbolistas profesionales de equipos daneses, la incidencia lesional y la severidad de las lesiones en la musculatura isquiotibial a través del registro de lesiones y días perdidos de entrenamiento respectivamente. La ratio de lesiones en la musculatura isquiotibial, ya fuesen nuevas o recurrentes, fue significativamente menor ($p < 0.05$) en el grupo intervención. Pese a que la severidad de las mismas fue inferior en el grupo intervención (454 días perdidos de entrenamiento en grupo intervención por 1344 en grupo control), las diferencias no fueron estadísticamente significativas. El mismo estudio determinó el número necesario para tratar (NNT) definido como el número de individuos que deben ser abordados por el tratamiento experimental para producir o evitar un evento adicional respecto a los que se producirían con el tratamiento control. El NNT para prevenir una lesión es 13 (95% IC: 9-23), para prevenir una nueva lesión 25 (95% IC: 15-72) y para prevenir una lesión recurrente 3 (95% IC: 2-6).

Sebelien *et al* desarrollaron un protocolo de 5 semanas de ejercicio excéntrico NHE junto a estiramientos asistidos y auto estiramientos en futbolistas semiprofesionales. Se valoró el número de lesiones mediante el registro de las mismas y el tiempo empleado en carrera de velocidad en 40 metros y cada 10 metros. También se testaron parámetros relacionados con la fuerza en dinamómetro isocinético, como la fuerza concéntrica de isquiotibiales y cuádriceps a 60°s^{-1} , fuerza isométrica isquiotibial a 20° , 40° y 60° de flexión de rodilla y fuerza excéntrica isquiotibial desde los 20° a 60° de flexión de rodilla. Se observaron diferencias significativas ($p < 0.05$) durante el periodo de registro, siendo cero el número de lesiones en grupo intervención y seis en grupo control. También se obtuvieron mejoras significativas ($p < 0.05$) en la velocidad de carrera en los 10 primeros metros en grupo experimental. No se evidenciaron diferencias significativas entre grupos en ningún parámetro relacionado con la fuerza.

Van de Horst *et al*, centraron su investigación en la incidencia lesional de isquiotibiales y su severidad a través del registro de lesiones y días perdidos de entrenamiento tras un plan de ejercicio excéntrico NHE, durante 13 semanas en futbolistas no profesionales. Los resultados del estudio no hallan diferencias significativas entre grupos en cuanto al número de lesiones ocurridas durante la duración de la intervención. No ocurrió así al concluir dicho periodo, donde se mostró cómo el número de lesiones en el grupo intervención fue significativamente inferior al del grupo control, reduciéndose estadísticamente ($p < 0.05$) el riesgo de lesión en el grupo intervención (odds ratio, 0.282; 95% IC 0.110-0.721). Así, la ratio de incidencia lesional, fue diferente significativamente entre la intervención (0.25; 95% IC 0.19-0.35) y el control (0.8; 95% IC 0.61-1.15). En referencia a la severidad de las lesiones no se obtuvieron diferencias significativas entre grupos.

Tabla 5. Características y resultados de los estudios incluidos.

Autor (Año)	Diseño del estudio	Muestra	Tipo de intervención	Parámetros de intervención	Mediciones de resultados	Resultados	Cumplimiento. Adherencia. Actividades deportivas. Seguimiento
Anastasi et al (2011)	ECA	n=24 mujeres jugadoras de rugby con similares niveles de fuerza y sin lesión EEII 3 meses previos. Grupo experimental n=13 Edad (años) 25.23 ±5.33 Grupo control n=11 Edad (años) 23.82±4.96	A: Grupo experimental (programa 10 semanas NHE). B: Grupo control.	A: 10 semanas de NHE y entrenamiento habitual. Programa NHE: 3 sesiones por semana, 3 series por sesión. Se inicia con 6 repeticiones por sesión y se añade una repetición más a cada serie la semana 3 y 5 y dos repeticiones la semana 8 B: 10 semanas de entrenamiento habitual.	Valoración pre y post intervención. Fuerza concéntrica y fuerza concéntrica isocinética bilateral de isquiotibiales que muestra desequilibrios entre miembros contralaterales. Altura máxima en salto vertical (CMJ)	Grupo experimental: descenso significativo del porcentaje de desequilibrio entre miembros ($p<0.05$). Aumento significativo en la altura de salto ($p<0.05$). Grupo control: no diferencias significativas en cuanto a desequilibrios musculares y altura de salto.	Todos los sujetos fueron instruidos y supervisados en la realización del programa NHE.
Ishoi et al (2017)	ECA	n=35 hombres futbolistas no profesionales, pertenecientes a dos equipos diferentes. Grupo experimental n=18 Edad (años) 19.1±1.8 Masa corporal (kg) 76.2±11.9 Grupo control n=17 Edad (años) 19.4 ±2.1 Masa corporal (kg) 77 ±8.7	A: Grupo experimental (programa 10 semanas NHE) B: Grupo control	A: 10 semanas de NHE y entrenamiento habitual. Programa NHE: S1: 1 sesión, 1 serie, 5 rep S2: 2 sesiones, 2 series, 6 rep S3: 3 sesiones, 3 series, 6-8 rep S4: 3 sesiones, 3 series, 8-10 rep S5-S10: 3 sesiones, 3 series, 12-10-8 rep B: 10 semanas de entrenamiento habitual.	Valoración pre y post intervención. Capacidad de repetir sprint (4series de 6 repeticiones de 10 metros), medido como tiempo total de sprint. Mejor tiempo de sprint 10 metros. Tiempo de último sprint de 10 metros. Fuerza máxima excéntrica de isquiotibiales en test NHE. Fuerza resistencia de isquiotibiales en test NHE. Flexibilidad isquiotibial como rango máximo de extensión activa de rodilla con cadera 90°.	Descenso no significativo ($p=0.056$) en tiempo total de sprint. Ligeras mejoras en tiempo de sprint de 10 metros ($P=0.05$). Grupo intervención mejora significativa post-test en fuerza máxima excéntrica y fuerza resistencia de isquiotibiales ($p<0.001$).	Todos los sujetos fueron supervisados por un fisioterapeuta experimentado en el ejercicio. Ambos grupos no realizaron entrenamiento específico de sprint o fuerza excéntrica durante la intervención. 7 sujetos abandonaron grupo experimental por lesión o no estar presentes en la valoración. 3 sujetos abandonaron grupo control por lesión o abandonar el equipo.

Tabla 5. Características y resultados de los estudios incluidos.

Autor (Año)	Diseño del estudio	Muestra	Tipo de intervención	Parámetros de intervención	Mediciones de resultados	Resultados	Cumplimiento. Adherencia. Actividades deportivas. Seguimiento
Lovell et al (2018)	ECA	<p>n=42 hombres futbolistas universitarios. Edad (años) 23.6 ± 4.7, altura (cm) 178.1 ± 5.9, peso (kg) 77.4 ± 11.4.</p> <p>Grupo experimental A n=14</p> <p>Grupo experimental B n=16</p> <p>Grupo control n=12</p>	<p>A: grupo experimental (programa 12 semanas NHE antes de entrenamiento)</p> <p>B: grupo experimental (programa 12 semanas NHE después de entrenamiento)</p> <p>C: grupo control régimen de ejercicios de CORE que no se espera que alteren las medidas establecidas</p>	<p>A: 12 semanas de NHE antes y entrenamiento habitual.</p> <p>B: 12 semanas de NHE después y entrenamiento habitual.</p> <p>Programa NHE: volumen semanal (rep) 10, 30, 36, 48, 56, 64, 64, 72, 72, 80, 96.</p> <p>C: CORE y entrenamiento habitual.</p>	<p>Valoración pre y post intervención.</p> <p>Espesor muscular y ángulo de penetración a través de ecografía.</p> <p>Longitud del fascículo muscular a través de ecuación validada.</p> <p>Fuerza máxima excéntrica de musculatura isquiotibial a través de dinamómetro isocinético.</p> <p>Activación muscular (isquiotibiales) a través de electromiografía de superficie.</p>	<p>Incremento moderado en grupo NHE después respecto del espesor muscular en bíceps femoral (+0.17cm; IC 0.05-0.29cm) y pequeño incremento en ángulo de penetración (+1.03°; IC: -0.08° a 2.14°).</p> <p>La longitud del fascículo muscular tuvo incremento mayor (+1.58cm; IC: 0.48-2.68cm) en grupo NHE antes respecto a otros dos grupos.</p> <p>Incremento moderado de fuerza excéntrica en ambos grupos intervención.</p> <p>NHE antes (+11.6%; IC 3.6%-20.9%), IC NHE después (+11.6%; IC 2.6%-21.5%).</p> <p>Incremento de activación muscular mayor en bíceps femoral en grupos intervención.</p>	<p>Los sujetos que finalizaron el estudio cumplieron el programa de entrenamiento en su totalidad.</p> <p>4 sujetos abandonaron el grupo NHE antes por no estar dispuestos para la evaluación.</p> <p>2 sujetos abandonaron el grupo NHE después por abandonar la práctica del fútbol.</p> <p>1 sujeto abandonó el grupo control por lesión de miembro inferior.</p>

Tabla 5. Características y resultados de los estudios incluidos.

Autor (Año)	Diseño del estudio	Muestra	Tipo de intervención	Parámetros de intervención	Mediciones de resultados	Resultados	Cumplimiento. Adherencia. Actividades deportivas. Seguimiento
Iga et al (2012)	ECA	<p>n=18 hombres futbolistas profesionales. Edad (años) 22.9±3.6, altura (m) 1.8±0.08, masa corporal 78.0±9.7).</p> <p>Grupo experimental A n=10</p> <p>Grupo control B n=8</p> <p>No diferencias significativas entre grupos previas a la intervención.</p>	<p>A: grupo experimental (programa de 4 semanas de entrenamiento NHE).</p> <p>B: grupo control</p>	<p>A: 4 semanas NHE después de un calentamiento y antes de la sesión práctica y entrenamiento habitual.</p> <p>S1: 1 sesión, 2 series, 5 rep.</p> <p>S2: 2 sesiones, 2 series, 6 rep.</p> <p>S3: 3 sesiones, 3 series, 6 rep.</p> <p>S4: 3 sesiones, 3 series, 8 rep.</p> <p>B: entrenamiento habitual.</p>	<p>Valoración pre y post intervención.</p> <p>Fuerza excéntrica máxima isocinética de músculos isquiotibiales a diferentes velocidades 60°-120°-240°/s.</p> <p>Activación muscular a través de electromiografía de superficie en musculatura isquiotibial medial y lateral en diferentes posiciones de rodilla.</p> <p>Se valoró de forma independiente el miembro dominante y no dominante.</p>	<p>Aumento de la fuerza en isquiotibiales.</p> <p>Mayor activación muscular en posición de mayor extensión de rodilla (p<0.001).</p> <p>Incremento en grupo intervención de la fuerza excéntrica máxima isquiotibial (p<0.05).</p> <p>No diferencias en fuerza máxima isquiotibial dependientes de la velocidad de ejecución.</p>	<p>Los sujetos fueron instruidos en la realización de la valoración y del programa de ejercicios.</p>
Petersen et al (2011)	ECA (nivel evidencia 1)	<p>n=942 futbolistas profesionales de equipos daneses.</p> <p>Grupo experimental A n=461. Edad (años) 23.0±4.0, nº lesiones isquiotibiales año previo 49±10.6.</p> <p>Grupo control B n=481. Edad (años) 23.5±4.0, nº lesiones isquiotibiales año previo 54±11.2.</p> <p>No diferencias significativas entre grupos al inicio</p>	<p>A: grupo experimental (27 sesiones durante 10 semanas de NHE).</p> <p>B: grupo control</p>	<p>A: programa de NHE de 10 semanas con 27 sesiones y entrenamiento habitual.</p> <p>Programa NHE:</p> <p>S1: 1 sesión, 2 series, 5 rep.</p> <p>S2: 2 sesiones, 2 series, 6 rep.</p> <p>S3: 3 sesiones, 3 series, 6-8 rep.</p> <p>S4: 3 sesiones, 3 series, 8-10 rep.</p> <p>S5-S10: 3 sesiones, 3 series, 12-10-8 rep.</p> <p>B: entrenamiento habitual.</p>	<p>Incidencia lesional: nº de lesiones totales, nuevas y recurrentes ocurridas durante una temporada de fútbol.</p> <p>Severidad de las lesiones como días perdidos de entrenamiento.</p>	<p>Nº lesiones total 67</p> <p>Nº lesiones grupo experimental 15 (12 nuevas, 3 recurrentes), 9 lesiones durante programa de NHE.</p> <p>Nº lesiones grupo control 52 (32 nuevas, 20 recurrentes). 12 lesiones durante tiempo que grupo A realizaba programa NHE.</p> <p>Ratio de lesiones en isquiotibiales tanto nuevas como recurrentes fue significativamente menor en grupo experimental respecto de grupo control (p<0.005).</p> <p>NNT: prevenir 1 lesión 13</p>	<p>Grupo intervención desarrollo una media del 91% de las 27 sesiones programadas. Media (sesiones) 24.6±2.3, rango 18-27 sesiones</p> <p>79 sujetos abandonaron el estudio 36 en grupo intervención y 43 del grupo control a consecuencia de un traspaso de equipo o finalización de carrera deportiva.</p> <p>Ningún sujeto termino su carrera a consecuencia de una lesión isquiotibiales.</p>

Tabla 5. Características y resultados de los estudios incluidos.

Autor (Año)	Diseño del estudio	Muestra	Tipo de intervención	Parámetros de intervención	Mediciones de resultados	Resultados	Cumplimiento. Adherencia. Actividades deportivas. Seguimiento
Sebelien et al (2014)	ECA	<p>n=142 hombres futbolistas semiprofesionales.</p> <p>Grupo experimental A n=72</p> <p>Grupo control n=70</p> <p>No diferencias significativas entre grupos al inicio (p<0.005).</p>	<p>A: grupo experimental (calentamiento normal mas NHE).</p> <p>B: grupo control</p>	<p>A: calentamiento habitual y programa NHE como parte del entrenamiento regular.</p> <p>Programa NHE: auto estiramiento, estiramientos con compañero y NHE.</p> <p>S1: 1 sesión, 2series, 5 rep.</p> <p>S2: 2 sesiones, 2 series, 6 rep.</p> <p>S3: 3 sесione, 3 series, 6-8 rep.</p> <p>S4-5:3 sesiones, 3 series 8-10-12 rep.</p> <p>B: calentamiento habitual y estiramientos generales.</p>	<p>Registro de lesiones ocurridas y sus características de forma previa y durante la intervención.</p> <p>Valoración pre, intermedia y post intervención.</p> <p>Tiempo de carrera en 40 metros, registrando tiempo cada 10 m.</p> <p>Fuerza concéntrica de cuádriceps e isquiotibiales a través de dinamometría isocinética a 60°/s.</p> <p>Fuerza isométrica de isquiotibiales a 20,40°,60°</p>	<p>(95% IC: 9-23), para prevenir nueva lesión 25 (95% IC: 15-72), prevenir recurrente 3 (95% IC: 2-6).</p> <p>Severidad de lesión. No diferencias significativas (p=0.16).</p> <p>Grupo experimental 454 días perdidos de entrenamiento. Media (días) 30.3±18.3, rango 7-64 días por lesión.</p> <p>Grupo experimental 1344 días perdidos de entrenamiento. Media (días) 26.4±19.5, rango 4-89 días por lesión</p>	<p>23 sujetos abandonaron el estudio 11 del grupo control, 12 del grupo experimental (11 abandonaron la práctica del fútbol, 12 a consecuencia de motivos personales).</p> <p>119 completaron el registro de lesiones, mientras que 27 sujetos completaron todas las evaluaciones (A n=16, B n=11) y fueron incluidos en el análisis estadístico.</p> <p>Los entrenadores y jugadores fueron</p>

Tabla 5. Características y resultados de los estudios incluidos.

Autor (Año)	Diseño del estudio	Muestra	Tipo de intervención	Parámetros de intervención	Mediciones de resultados	Resultados	Cumplimiento. Adherencia. Actividades deportivas. Seguimiento
Van der Horst et al (2015)	ECA (nivel de evidencia 1)	<p>n=579 hombres futbolistas no profesionales.</p> <p>Grupo experimental A. n=292. Edad 24.5±3.6, IMC 23.1±1.7.</p> <p>Grupo control B. n= 287, edad (años) 24.6±4.1, IMC (kg/m²) 23.3±1.8.</p> <p>No diferencias significativas entre grupos al inicio del estudio.</p>	<p>A: grupo intervención, programa NHE durante 13 semanas y entrenamiento habitual.</p> <p>B: grupo control.</p>	<p>A: grupo intervención, programa 25 sesiones NHE durante 13 semanas y entrenamiento habitual.</p> <p>Programa NHE: S1: 1 sesión, 2 series, 5 rep. S2: 2 sesiones, 2 series, 6 rep. S3: 2 sesiones, 3 series, 6 rep. S4: 2 sesiones, 3 series, 6-7-8 rep. S5: 2 sesiones, 3 series, 8-9-10 rep. S6-13: 2 sesiones, 3 series, 10-9-8 rep.</p> <p>B: entrenamiento habitual.</p>	<p>de flexión de rodilla.</p> <p>Fuerza excéntrica de isquiotibiales desde 20° a 60 ° de flexión de rodilla.</p> <p>Ratio isquiotibial/cuádriceps: fuerza excéntrica isquiotibial/fuerza concéntrica cuádriceps.</p> <p>Principal medida: incidencia de lesiones en isquiotibiales, valor absoluto y ratio de incidencia por cada 1.000 horas y jugador en partidos y entrenamientos.</p> <p>Medidas secundarias: severidad de la lesión como días perdidos a consecuencia de la lesión. Grado de cumplimiento del protocolo de intervención.</p>	<p>Se identificaron 11 lesiones en el grupo intervención y 25 en el grupo control, de las cuales 5 y 7 ocurrieron durante el periodo de intervención. Al finalizar el periodo de intervención no diferencias significativas entre grupos en incidencia lesional (p=.427)</p> <p>Tras el periodo de intervención se registraron 18 lesiones en grupo control y 6 en grupo intervención, mostrándose diferencias significativas entre grupos (p=.005). el riesgo de lesión en grupo intervención se redujo y fue estadísticamente significativo (p= .005).</p> <p>No hubo diferencias significativas en cuanto a severidad de las lesiones entre grupos (p=.342)</p> <p>El cumplimiento de la intervención fue del 91%.</p>	<p>instruidos en la realización del NHE.</p> <p>Los sujetos fueron instruidos en la realización del NHE.</p> <p>La media de exposición a entrenamientos y partidos en ambos grupos no fue significativamente diferente.</p> <p>Se reportó como efectos adverso la presencia de DOMS durante las primeras semanas.</p>

6. Discusión.

El objetivo principal de la revisión ha sido reunir, valorar e integrar todo el conocimiento hasta el momento descrito en la bibliografía científica en referencia a los diferentes efectos que provoca la realización de ejercicio excéntrico NHE, en la musculatura isquiotibial de deportistas adultos con demandas de carrera de alta intensidad en sus modalidades deportivas.

Centrando la atención en qué cambios ocasiona el NHE sobre la arquitectura muscular isquiotibial, los resultados obtenidos en la revisión han demostrado cómo el desarrollo de ejercicios de sobrecarga excéntrica NHE dan lugar a incrementos moderados del espesor muscular o sección transversal en bíceps femoral, incremento ligero del ángulo de penación y aumento de la longitud del fascículo muscular (21). Estos resultados se muestran en concordancia con otras investigaciones (26-28) donde la ejecución de NHE por parte de deportistas populares provocó cambios en la musculatura del bíceps femoral, como el aumento del espesor y de la longitud del fascículo muscular. Por el contrario, en el ángulo de penación se observó un descenso de los valores. De igual modo se ha observado cómo la supresión de la carga excéntrica, supuso la involución de las variables espesor muscular y longitud del fascículo muscular (26-28). Los resultados sugieren que la aplicación de sobrecarga excéntrica a través del NHE, puede causar alteraciones en la arquitectura muscular del bíceps femoral y por tanto puede tener aplicaciones para la práctica clínica, ya que se ven modificados algunos de los identificados como factores de riesgo lesional, como el espesor muscular o ángulo de penación relacionados con la producción de fuerza y la longitud muscular.

La fuerza de la musculatura isquiotibial y en concreto, un déficit de esta, se ha establecido como factor de riesgo lesional (3). Varios estudios de los incluidos en la revisión, han valorado la fuerza isquiotibial en su diferentes manifestaciones y obtienen mejoras tras desarrollar un programa de ejercicio excéntrico NHE en el desequilibrio de fuerza de miembros inferiores contralaterales (10), en fuerza excéntrica (21,24), fuerza resistencia (24) y fuerza máxima (23) de la musculatura isquiotibial. Investigaciones anteriores han determinado que un programa de ejercicio excéntrico NHE, mejoró los registros de fuerza unilateral para isquiotibiales

en futbolistas juveniles, (29) y el programa NHE se mostró más efectivo en el desarrollo de la fuerza máxima isquiotibial en comparación a otros métodos de ejercicio que utilizaban contracciones concéntricas (25) en futbolistas adultos. Así, todos los resultados se muestran en la línea de que el ejercicio excéntrico NHE, desarrollado dentro de un programa longitudinal y simultáneo al entrenamiento habitual, causa cambios positivos en las diferentes manifestaciones de fuerza. Como ya ha sido descrito en el presente texto, un déficit de fuerza o desequilibrios entre músculos antagonistas, pueden dar lugar a un incremento del riesgo de lesión, considerándose por tanto el déficit de fuerza como un factor de riesgo lesional. En este sentido se ha determinado cómo futbolistas profesionales que manifestaban bajos niveles de fuerza excéntrica isquiotibial durante el desarrollo del NHE, tenían un incremento del riesgo de lesión futura de tal musculatura; efecto que se magnificaba en los deportistas de más edad y en aquellos que habían sufrido una lesión previa (30). Tales evidencias sugieren, que el déficit de fuerza como factor de riesgo de lesión modificable, puede modular el riesgo conferido por otros factores de riesgo de lesión no modificables como la edad o lesiones previas (30).

Varios son los estudios incluidos que han centrado su interés en valorar cómo influye la aplicación de programas de ejercicio excéntrico NHE, en la incidencia y severidad de las lesiones ocurridas en la musculatura isquiotibial. Las investigaciones incluidas, cuyo objeto de estudio fueron futbolistas profesionales (11,22) y no profesionales (20), han obtenido resultados similares al reducirse la ratio de lesiones en músculos isquiotibiales de los grupos intervención. Aquellos deportistas que incorporaron un programa de ejercicio excéntrico NHE a su entrenamiento habitual, tuvieron valores de incidencia lesional durante la temporada competitiva significativamente inferiores en comparación a sus controles, reduciéndose así el riesgo de lesión. No ocurrió lo mismo en cuanto a la severidad de las lesiones, ya que los resultados no muestran diferencias significativas entre grupos (11,22). Por ello, aunque los datos muestran que no puede establecerse que la incorporación de ejercicio excéntrico NHE puede disminuir la severidad de las lesiones, sí parecen afirmar que podría disminuir la incidencia lesional. Tales evidencias obtenidas en muestras

amplias, por un lado se contraponen a estudios anteriores que afirmaban que el ejercicio excéntrico podría promocionar la lesión isquiotibial (13), y por otro lado, se ven apoyadas por estudios que muestran cómo aquellos equipos de fútbol que incorporaron el ejercicio NHE a su entrenamiento, redujeron las lesiones hasta en un 51% a largo plazo en comparación con equipos que no lo hicieron (31). Otras investigaciones centraron su interés en valorar la eficacia del programa de calentamiento "FIFA 11+", propuesto por la Federación Internacional de Fútbol Asociación (FIFA) y elaborado por su Centro de Evaluación e Investigación Médica (F-MARC). Este incluye conjuntamente a otros ejercicios, el ejercicio excéntrico NHE. Los resultados observados en la presente revisión se encuentran en la línea de los obtenidos, ya que tras la realización de dicho programa "FIFA 11+" dentro del entrenamiento habitual, se redujo el número de lesiones isquiotibiales a lo largo del periodo competitivo (32).

El fin último de la preparación deportiva es poder afrontar las demandas de la competición con garantías, por ello, cualquier método de ejercicio terapéutico o preventivo no debe estar en contraposición a una disminución del rendimiento deportivo. En este sentido, ya ha sido descrito en el texto cómo el desarrollo de diferentes programas de ejercicio terapéutico excéntrico NHE, puede proveer de mejoras en diferentes manifestaciones de la fuerza isquiotibial (21,23,24), lo que con cierta seguridad causará una mejora del rendimiento. Algunos de los estudios incluidos en la revisión, se encargan de evaluar cómo se modifica la capacidad de los deportistas en test de rendimiento a la conclusión del programa de ejercicio excéntrico NHE. Los resultados muestran mejoras significativas ($p < 0.005$) en la altura alcanzada en salto vertical de mujeres jugadoras de rugby en el test CMJ(10). Por otro lado, aquellos estudios centrados en valorar la capacidad de desarrollar carreras a alta velocidad o sprint, manifiestan mejoras significativas ($p < 0.005$) en distancias cortas durante los primeros 10 metros de carrera (20,24) en futbolistas no profesionales y, aunque de forma no significativa, también una mejora en la capacidad de repetir sprint (24). Estos resultados sugieren que el desarrollo de un programa de ejercicio excéntrico NHE, no sólo no afectará al rendimiento de forma negativa, sino que puede mejorar el mismo. Esto se ve apoyado por otros

estudios donde tras la aplicación de programas de ejercicio excéntrico NHE similares, no observan un efecto negativo sobre habilidades relevantes como salto vertical y tiempo en carreras con distancias de 5 y 10 metros (33,34) en futbolistas profesionales. Las variables de rendimiento, salto y sprint corto 0-10 metros en las que se determinan mejoras, se consideran manifestaciones de fuerza explosiva, definida ésta como la capacidad de ejercer la mayor cantidad de fuerza en el mínimo tiempo posible, manifestándose en acciones rápidas y potentes desde una posición de inmovilidad de los segmentos propulsores (35). De este modo y al igual que se recoge en algunos estudios recientes (36,37), el ejercicio excéntrico en sus diferentes formas puede ser un adecuado método de desarrollo de la fuerza y concretamente de su manifestación rápida.

Los planes de ejercicio terapéutico y/o preventivo en deportistas, deben estar acorde a sus exigencias de entrenamiento o competición y evitar que puedan ocasionar interferencias. Por esta razón, resulta fundamental la temporalización y dosificación del ejercicio terapéutico y/o preventivo por parte del fisioterapeuta deportivo. Una de las investigaciones incluidas (21), evaluó si existían diferencias en varios parámetros de la arquitectura muscular y fuerza isquiotibial en función de si el plan de prevención de lesiones basado en ejercicio excéntrico NHE había sido desarrollado antes o después del entrenamiento habitual de fútbol. Ambos grupos mejoraron sus niveles de fuerza de forma similar respecto a su control, pero las adaptaciones musculares difirieron en función de su temporización. El grupo que ejercitó de forma excéntrica la musculatura isquiotibial antes del entrenamiento, obtuvo mejores resultados en el aumento de la sección muscular, mientras que el grupo que se ejercitó después del entrenamiento, obtuvo mejores resultados en la longitud muscular. Estas diferencias en las adaptaciones pueden estar relacionadas con los niveles de fatiga posteriores al ejercicio excéntrico o del entrenamiento habitual. Así ha sido observado (38) cómo la realización de una sola serie de 5 repeticiones de ejercicio excéntrico NHE, puede provocar una disminución aguda de entre 7.9 y 17.1% de la fuerza máxima excéntrica, y de entre 7.8 y 17.2% de la fuerza máxima concéntrica en la musculatura isquiotibial, con disminuciones mayores en series posteriores. En la misma dirección se muestran los

resultados de otro estudio (39) que determinó que realizar el ejercicio excéntrico NHE antes del entrenamiento, provocó una mayor fatiga de la musculatura isquiotibial. Tal actividad supuso desarrollar durante la sesión de entrenamiento menores valores de fuerza excéntrica y menor activación electromiografía, concluyendo que el ejercicio excéntrico desarrollado antes del entrenamiento, podría incrementar el riesgo de lesión muscular.

La dosis es importante en cualquier tratamiento de fisioterapia, ya que de ello dependerá que se obtengan los resultados esperados. Los estudios incluidos en la revisión, desarrollan o basan sus protocolos de ejercicio excéntrico NHE en el propuesto por Mjølshes (25). La duración de los protocolos, a excepción de dos (20,23), es de entre 10 y 13 semanas. Todos los protocolos comienzan con un número reducido de 1 o 2 sesiones semanales para llegar hasta tres a partir de la segunda o tercera semana de protocolo. Se muestra una media de 3 series de ejercicios por sesión, dentro de las cuales van aumentando las repeticiones en una o dos unidades por semana a partir de la segunda a la cuarta semana, desde 5 repeticiones hasta un máximo de 12. Destaca, de forma general, cómo la inclusión de los programas de ejercicio excéntrico NHE se realiza de forma progresiva, evitándose altos volúmenes de sobrecarga excéntrica en fases iniciales. Esto supondría la exposición de los deportistas a cargas para las cuales no habrían desarrollado adaptaciones al no haber tenido exposición previa al ejercicio. Algunos autores (40) realizan recomendaciones diferentes en cuanto a la implementación de programas de ejercicio excéntrico NHE. En deportes donde los periodos competitivos se extienden en el tiempo, tipo fútbol o rugby, aconsejan comenzar el protocolo en el periodo precompetitivo (10 semanas antes de que comience la temporada). La carga se incrementa al resistir durante más tiempo la caída, hasta conseguir soportar el peso corporal en todo el rango de movimiento durante 12 repeticiones. Además, puede incrementarse la carga a través del aumento de la velocidad en la fase de inicio del movimiento y si el asistente empuja sobre los hombros durante la fase de caída. Una vez comenzado el periodo competitivo, los ejercicios deben disminuir su frecuencia a una o dos veces por semana.

Ninguna de las investigaciones incluidas en la revisión hace referencia a la carga que moviliza el deportista en cada repetición, elemento clave a controlar en cualquier programa de ejercicio terapéutico. En el ejercicio NHE, la carga a movilizar dependerá del peso corporal de cada deportista y puede ocurrir que haya sujetos, que por falta de fuerza, no sean capaces de realizar el ejercicio en todo su rango, alcanzando el ángulo de ruptura demasiado pronto, lo que sugiere una disminución de la efectividad del ejercicio NHE. En este caso, se observan recomendaciones(41) que permiten gestionar la carga a movilizar a través de una modificación, realizándose el ejercicio NHE de forma asistida mediante una banda elástica, colocada en el tronco del sujeto y que ayuda a frenar la caída. Esta adaptación permite que el ángulo de ruptura se retrase y que el sujeto ejercite su musculatura en longitudes mayores, mejorando la relación tensión-longitud. A su vez, el ejercicio NHE asistido contribuye a completar una mayor cantidad de repeticiones, lo que permite adaptaciones metabólicas asociadas al ejercicio de la resistencia muscular, aspecto importante ya que existe una mayor incidencia lesional en los momentos finales de la actividad deportiva(42).

Aunque los resultados observados en la revisión reflejen el ejercicio excéntrico NHE como herramienta efectiva de prevención, es cierto que continúa habiendo una incidencia lesional de la musculatura isquiotibial considerable en deportes donde se demanda carrera de alta intensidad. Es por ello que se requiere una apreciación de la naturaleza multifactorial de la lesión isquiotibial y el abordaje a través de un enfoque holístico en cuanto a la salud de los músculos isquiotibiales(43). Durante la carrera, la musculatura isquiotibial se activa de forma excéntrica para resistir la flexión de la cadera y decelerar la extensión de la rodilla(44). Mientras en el ejercicio NHE se produce una contracción excéntrica centrada en decelerar la caída por control isquiotibial de la extensión de la rodilla pero sin participación de la cadera. Estas diferencias, en cuanto al patrón de activación muscular, apoyan la recomendación de proponer programas de ejercicios de prevención donde exista un predominio además de la rodilla, de la cadera(43).

Si bien es cierto que el ejercicio NHE, como se ha observado en los resultados obtenidos en la revisión, desarrolla la fuerza excéntrica(21,24) de los músculos isquiotibiales, las contracciones son a una velocidad inferior en comparación a la carrera de alta intensidad posteriormente requerida en entrenamientos y competiciones. De esta manera, parece razonable exponer a los deportistas a carreras con altas demandas de velocidad como método de prevención. En esta línea se ha demostrado(45), que la exposición de deportistas a mayores distancias semanales de carrera por encima del 95% de la velocidad máxima, tiene un efecto protector sobre las lesiones de extremidades inferiores, siempre y cuando la carga aguda de carrera a alta velocidad sea aplicada de forma progresiva, evitando grandes incrementos repentinos que podrían incrementar el riesgo de lesión isquiotibial(46).

Se contemplan las siguientes sugerencias como prospectivas futuras que amplíen y refuercen las evidencias recogidas en la revisión. Ha sido descrito cómo la dosificación del ejercicio es de suma importancia, por tanto, futuras investigaciones deberían encaminarse en establecer consenso en cuanto a parámetros de graduación del ejercicio excéntrico NHE, como número de sesiones semanales, series de ejercicio en una sesión o número de repeticiones por serie.

Todas las investigaciones recogidas incorporaban los programas de ejercicio excéntrico NHE como una tarea más del entrenamiento habitual. Por este motivo no se conocen los efectos que produce el ejercicio excéntrico NHE aplicado de forma aislada sobre la musculatura isquiotibial, posible línea de exploración futura.

Varios son los métodos en la actualidad que utilizan las contracciones excéntricas de los músculos isquiotibiales con fines preventivos, y que al igual que el NHE, no precisan materiales para su realización o estos son mínimos. Así, una posible línea de investigación futura, podría encaminarse a comparar qué diferencias existen entre el ejercicio NHE y otros métodos utilizados como el cinturón ruso, la polea cónica, los sistemas inerciales yo-yo o la utilización de máquinas convencionales de refuerzo muscular.

Como ha sido recogido en las investigaciones incluidas en la revisión, los programas de ejercicio excéntrico NHE son frecuentes en deportes de equipo como fútbol o rugby. Su uso e investigación podría ampliarse a otros deportes de equipo o incluso a deportes individuales donde se requieran esfuerzos de carrera de alta velocidad. Baloncesto, hockey, fútbol sala o pruebas atléticas de velocidad, serían los deportes más recomendados para la investigación de la inclusión de este tipo de ejercicio.

El ejercicio excéntrico NHE puede tener utilidades más allá de ser únicamente un método para el refuerzo muscular. Puede utilizarse como prueba de valoración de la musculatura isquiotibial en variables como la fuerza o la fatiga muscular que podrían estimarse a través del “ángulo de ruptura”. La generación de valores de normalización del “ángulo de ruptura” podría aportar datos objetivos que relacionarían determinadas angulaciones con un efecto positivo y preventivo. El conocimiento de estos valores, ayudaría a los fisioterapeutas deportivos a tomar decisiones sobre el momento más adecuado para que un deportista se incorpore al entrenamiento habitual o vuelva a competir tras un periodo de lesión.

En la revisión se pueden apreciar ciertas limitaciones, las cuales se describen a continuación. En primer lugar, la revisión se ha realizado por un solo evaluador. La participación de más de un evaluador en el desarrollo del proceso metodológico de la revisión, habría aportado mayor consistencia al procedimiento del trabajo. Así se evitaría un posible riesgo en la selección e inclusión de los estudios, al corroborar por varios evaluadores los criterios inclusión y exclusión. Además, el idioma se ha limitado a castellano e inglés, excluyendo publicaciones en otro idioma por lo que existe riesgo de sesgo, que podría haberse evitado a través de la colaboración de otros evaluadores que dominen otros idiomas. Se habría ampliado el número de investigaciones incluidas y la información revisada.

La revisión ha incluido todos aquellos estudios que fuesen relevantes por su contenido sin importar su calidad metodológica. Varias investigaciones de las incluidas, no fueron consideradas como de alta calidad metodológica (Escala PEDro < 6). A pesar de presentar esta limitación y de haber podido decantarse por incluir únicamente estudios de alta calidad metodológica, esta revisión aporta un punto de vista más amplio.

Las investigaciones incluidas han abarcado variables diferentes, lo que no ha permitido un examen estadístico o metaanálisis de las mismas. La presencia de análisis estadístico, podría haber aportado evidencias más consistentes a la revisión.

Para elaborar la revisión se han utilizado, en concreto, ocho bases de datos electrónicas. Estas bases de datos no son las únicas existentes y se podría haber ampliado la búsqueda a otras bases de datos, revistas electrónicas o literatura gris (tesis doctorales, trabajo de fin de grado o master). Por lo tanto, existen otras fuentes que podrían contener estudios con temática relacionada y potencialmente interesantes para su inclusión. El haber dispuesto de mayor número de investigaciones, habría dotado de mayor calidad a la revisión, limitándose el riesgo de sesgo de publicación.

Se ha limitado la búsqueda a los últimos 10 años con la intención de incluir las evidencias más recientes. Ello podría haber restringido la inclusión de investigaciones potencialmente relevantes, excluyendo estudios pioneros como el realizado por Mjolsnes(25), a partir del cual basan sus protocolos de ejercicio excéntrico NHE los estudios incluidos en la revisión.

7. Conclusiones.

Al término de la revisión y a partir de los hallazgos que se han obtenido, se ha concluido que el NHE es un adecuado método del desarrollo de la fuerza excéntrica de los isquiotibiales en deportistas con exigencias de carrera de alta intensidad. Este tipo de ejercicio mejora la relación tensión-longitud muscular, por lo que los sujetos a la finalización del programa, son capaces de generar mayores niveles de fuerza en posiciones de mayor longitud muscular. Además, se ha observado que el ejercicio excéntrico NHE podría tener efectos sobre la musculatura isquiotibial, como un aumento de la sección transversal o de la longitud de los fascículos musculares.

Los descubrimientos han mostrado que los programas de ejercicio terapéutico que incluyen el ejercicio excéntrico NHE, son efectivos, disminuyendo la incidencia lesional en la musculatura isquiotibial tanto en nuevos casos, como en recidivas, entre deportistas que realizan esfuerzos de carrera de alta intensidad. A pesar de ello, no se han determinado evidencias acerca de que la severidad de las lesiones sea mayor en deportistas que no apliquen el NHE.

Actualmente no existe un consenso en relación a qué dosis de ejercicio excéntrico NHE aplicar. Sí que se han observado diferencias en los resultados de adaptación muscular, dependiendo de si el programa preventivo es realizado antes o después del entrenamiento habitual. Tales diferencias en los resultados parecen estar relacionadas con la aparición de fatiga post ejercicio terapéutico excéntrico NHE o post entrenamiento.

El desarrollo de programas de ejercicio excéntrico NHE, no tiene un efecto negativo sobre el rendimiento deportivo o el riesgo de lesión. Es más, junto al entrenamiento habitual, contribuye a la mejora de los niveles de fuerza y a optimizar habilidades como el salto o los primeros metros en carrera de máxima velocidad, donde se manifiesta fuerza explosiva.

La implicación práctica a partir de los resultados obtenidos, supone que los fisioterapeutas que participan en el ámbito deportivo, el cual requiera carrera de alta intensidad, deben considerar la incorporación, como parte del entrenamiento habitual, de programas de ejercicio terapéutico NHE. Este puede incorporarse solo o en combinación con programas más amplios de ejercicio terapéutico, con el fin de disminuir la incidencia lesional.

8. Bibliografía.

(1) Orchard JW, Seward H, Orchard JJ. Results of 2 decades of injury surveillance and public release of data in the Australian Football League. *Am J Sports Med* 2013 Apr; 41(4):734-741.

(2) Elliott MC, Zarins B, Powell JW, Kenyon CD. Hamstring muscle strains in professional football players: a 10-year review. *Am J Sports Med* 2011 Apr; 39(4):843-850.

(3) Sconce E, Jones P, Turner E, Comfort P, Graham-Smith P. The validity of the nordic hamstring lower for a field-based assessment of eccentric hamstring strength. *J Sport Rehabil* 2015 Feb; 24(1): 13-20.

(4) Opar DA, Williams MD, Timmins RG, Hickey J, Duhig SJ, Shield AJ. Eccentric hamstring strength and hamstring injury risk in Australian footballers. *Med Sci Sports Exerc* 2015 Apr; 47(4):857-865.

(5) Timmins RG, Shield AJ, Williams MD, Lorenzen C, Opar DA. Biceps femoris long head architecture: a reliability and retrospective injury study. *Med Sci Sports Exerc* 2015 May; 47(5):905-913.

(6) Arnason A, Andersen TE, Holme I, Engebretsen L, Bahr R. Prevention of hamstring strains in elite soccer: an intervention study. *Scand J Med Sci Sports* 2008 Feb; 18(1):40-48.

(7) Timmins RG, Ruddy JD, Presland J, Maniar N, Shield AJ, Williams MD, et al. Architectural Changes of the Biceps Femoris Long Head after Concentric or Eccentric Training. *Med Sci Sports Exerc* 2016 Mar; 48(3):499-508.

(8) Vogt M, Hoppeler HH. Eccentric exercise: mechanisms and effects when used as training regime or training adjunct. *J Appl Physiol* 2014; 116(11):1446-1454.

(9) Roig M, O'Brien K, Kirk G, Murray R, McKinnon P, Shadgan B, et al. The effects of eccentric versus concentric resistance training on muscle strength and mass in healthy adults: a systematic review with meta-analysis. *Br J Sports Med* 2009; 43(8):556-568.

(10) Anastasi S, Hamzeh M. Does the eccentric Nordic Hamstring exercise have an effect on isokinetic muscle strength imbalance and dynamic jumping performance in female rugby union players? *Isokinet Exerc Sci* 2011; 19(4):251.

(11) van der Horst N, Smits DW, Petersen J, Goedhart EA, Backx FJ. The preventive effect of the nordic hamstring exercise on hamstring injuries in amateur soccer players: a randomized controlled trial. *Am J Sports Med* 2015; 43(6):1316-1323.

(12) Bourne MN, Duhig SJ, Timmins RG, Williams MD, Opar DA, Al Najjar A, et al. Impact of the Nordic hamstring and hip extension exercises on hamstring architecture and morphology: implications for injury prevention. *Br J Sports Med* 2017;51(5):469-477.

(13) Gambetta V, Benton D. A systematic approach to hamstring injury prevention and rehabilitation. Part 1. *Sports Coach* 2006;29(1):32-33.

(14) Morin J, Gimenez P, Edouard P, Arnal P, Jiménez-Reyes P, Samozino P, et al. Sprint Acceleration Mechanics: The Major Role of Hamstrings in Horizontal Force Production. *Front Physiol* 2015;6:404.

(15) Mendiguchia J, Martínez-Ruiz E, Morin JB, Samozino P, Edouard P, Alcaraz PE, et al. Effects of hamstring-emphasized neuromuscular training on strength and sprinting mechanics in football players. *Scand J Med Sci Sports* 2015;25(6):621-629.

(16) Ítems de referencia para publicar Revisiones Sistemáticas y Metaanálisis : La Declaración PRISMA = Preferred Reporting Items for Systematic Reviews and Meta-Analyses: The PRISMA Statement. *Revista española de nutrición humana y dietética* 2014;18(3):172-181.

(17) Escala PEDro (Español). [online] Disponible en: <https://www.pedro.org.au/spanish/downloads/pedro-scale/> [Acceso 12 Mar. 2018].

(18) Centro Cochrane Iberoamericano, traductores. Manual Cochrane de Revisiones Sistemáticas de Intervenciones, versión 5.1.0 [actualizada en marzo de 2011] [Internet]. Barcelona: Centro Cochrane Iberoamericano, 2012. Disponible en <http://www.cochrane.es/?q=es/node/269>.

(19) van Tulder M, Furlan A, Bombardier C, Bouter L, Editorial Board of the Cochrane Collaboration Back Review Group. Updated Method Guidelines for Systematic Reviews in the Cochrane Collaboration Back Review Group. *Spine* 2003;28(12):1290-1299.

(20) Sebelien C, Stiller CH, Maher SF, Qu X. Effects of implementing Nordic hamstring exercises for semi-professional soccer players in Akershus, Norway. *J Orthop Sports Phys Ther* 2014;26(2):90-97.

(21) Lovell R, Knox M, Weston M, Siegler JC, Brennan S, Marshall PWM. Hamstring injury prevention in soccer: Before or after training? *Scand J Med Sci Sports* 2018;28(2):658-666.

(22) Petersen J, Thorborg K, Nielsen MB, Budtz-Jørgensen E, Hölmich P. Preventive effect of eccentric training on acute hamstring injuries in men's soccer: a cluster-randomized controlled trial. *Am J Sports Med* 2011;11(39):2296-2303.

(23) Iga J, Fruer CS, Deighan M, Croix MDS, James DVB. Nordic hamstrings exercise - Engagement characteristics and training responses. *Int J Sports Med* 2012;33(12):1000-1004.

(24) Ishoi L, Holmich P, Aagaard P, Thorborg K, Bandholm T, Serner A. Effects of the Nordic Hamstring exercise on sprint capacity in male football players: a randomized controlled trial. *J Sports Sci* 2017;36(14):1663-1672.

(25) Mjolsnes R, Arnason A, osthagen T, Raastad T, Bahr R. A 10-week randomized trial comparing eccentric vs. concentric hamstring strength training in well-trained soccer players. *Scand J Med Sci Sports* 2004;5(14):311-317.

(26) Alonso-Fernandez D, Docampo-Blanco P, Martinez-Fernandez J. Changes in muscle architecture of biceps femoris induced by eccentric strength training with nordic hamstring exercise. *Scand J Med Sci Sports* 2018;28(1):88-94.

(27) Presland JD, Timmins RG, Bourne MN, Williams MD, Opar DA. The effect of Nordic hamstring exercise training volume on biceps femoris long head architectural adaptation. *Scand J Med Sci Sports* 2018;5(6):125-131.

(28) Presland J, Timmins R, Bourne M, Williams M, Opar D. The effect of high or low volume Nordic hamstring exercise training on eccentric strength and biceps femoris long head architectural adaptations. *J Sport Sci Med* 2017;20(3):12.

(29) Rey E, Paz-Domínguez Á, Porcel-Almendral D, Paredes-Hernández V, Barcala-Furelos R, Abelairas-Gómez C. Effects of a 10-Week Nordic Hamstring Exercise and Russian Belt Training on Posterior Lower-Limb Muscle Strength in Elite Junior Soccer Players. *Strength Cond J* 2017;31(5):1198.

(30) Opar D, Williams M, Timmins R, Hickey J, Duhig S, Shield A. Nordic hamstring exercise weakness is a risk factor for hamstring strain injury in elite Australian football: A prospective cohort study. *J Sci Med Sport* 2014;Supp 1(18):e140-e140.

(31) Al Attar WSA, Soomro N, Sinclair PJ, Pappas E, Sanders RH. Effect of Injury Prevention Programs that Include the Nordic Hamstring Exercise on Hamstring Injury Rates in Soccer Players: A Systematic Review and Meta-Analysis. *Sports Med* 2017;47(5):907-916.

(32) Nouni-Garcia R, Carratala-Munuera C, Orozco-Beltran D, Lopez-Pineda A, Asensio-Garcia MR, Gil-Guillen VF. Clinical benefit of the FIFA 11 programme for the prevention of hamstring and lateral ankle ligament injuries among amateur soccer players. *Inj Prev* 2018;24(2):149-154.

(33) Krommes K, Petersen J, Hölmich P, Thorborg K, Nielsen MB, Aagaard P. Sprint and jump performance in elite male soccer players following a 10-week Nordic Hamstring exercise Protocol: A randomised pilot study. *BMC Research Notes* 2017;10(1):669.

(34) Mancera-Soto É, Páez A, Meneses Fuquene M, Avellaneda P, Cortés S, Quiceno-Noguera C et al. Efectividad de un protocolo de entrenamiento nórdico sobre la fuerza explosiva en futbolistas del Club Deportivo La Equidad Seguros. *Revista de la Facultad de Medicina* 2016;3sup(64):17.

(35) Tous-Fajardo J. Nuevas tendencias en fuerza y musculación. 1ª ed. Barcelona: Ergo; 1999.

(36) Sánchez-Sánchez J, Guillen Rodríguez J, Martín García D, Romo Martín D, Barrueco García J, Bores Cerezal AJ. Efectos de un entrenamiento con cargas excéntricas sobre el rendimiento en jugadores de fútbol sala. *Sportk: revista euroamericana de ciencias del deporte* 2017;6(1):57-66.

(37) Raya-González J, Suárez-Arrones L, Rísquez Bretones A, de Villarreal ES. Efectos a corto plazo de un programa de entrenamiento de sobrecarga excéntrica sobre el rendimiento físico en jugadores de fútbol de élite U-16. *Retos: Nuevas Perspectivas de Educación Física, Deporte y Recreación* 2018(33):106-111.

(38) Marshall PW, Lovell R, Knox MF, Brennan SL, Siegler JC. Hamstring Fatigue and Muscle Activation Changes During Six Sets of Nordic Hamstring Exercise in Amateur Soccer Players. *J Strength Cond Res* 2015;29(11):3124-3133.

(39) Lovell R, Siegler JC, Knox M, Brennan S, Marshall PW. Acute neuromuscular and performance responses to Nordic hamstring exercises completed before or after football training. *J Sports Sci* 2016;34(24):2286-2294.

(40) Sayers A, Sayers B-. The nordic eccentric hamstring exercise for injury prevention in soccer players. *Strength Cond J* 2008;30(4):56-58.

(41) Matthews MJ, Jones P, Cohen D, Matthews H. The assisted nordic hamstring curl. *Strength Cond J* 2015;37(1):84-87.

(42) Woods C, Hawkins RD, Maltby S, Hulse M, Thomas A, Hodson A, et al. The Football Association Medical Research Programme: an audit of injuries in professional football--analysis of hamstring injuries. *Br J Sports Med* 2004;38(1):36-41.

(43) Oakley AJ, Jennings J, Bishop CJ. Holistic hamstring health: not just the Nordic hamstring exercise. *Br J Sports Med* 2017.

(44) Higashihara A, Nagano Y, Ono T, Fukubayashi T. Differences in activation properties of the hamstring muscles during overground sprinting. *Gait Posture* 2015;42(3):360-364.

(45) Malone S, Roe M, Doran DA, Gabbett TJ, Collins K. High chronic training loads and exposure to bouts of maximal velocity running reduce injury risk in elite Gaelic football. *J Sci Med Sport* 2017;20(3):250-254.

(46) Duhig S, Shield AJ, Opar D, Gabbett TJ, Ferguson C, Williams M. Effect of high-speed running on hamstring strain injury risk. *Br J Sports Med* 2016;50(24):1536-1540.

9. Anexos

Anexo I. Estrategias de búsqueda.

Estrategias de búsqueda medline

"Hamstring Muscles"[Mesh] AND (nordic[All Fields] AND ("hamstring muscles"[MeSH Terms] OR ("hamstring"[All Fields] AND "muscles"[All Fields])) OR "hamstring muscles"[All Fields] OR "hamstring"[All Fields]))

"Hamstring Muscles"[Mesh] AND (eccentric[All Fields] AND ("exercise"[MeSH Terms] OR "exercise"[All Fields]))

"Hamstring Muscles"[Mesh] AND "nordic curl"[All Fields]

Estrategias de búsqueda PEDro

"Nordic hamstring" AND (Hamstring Muscles [Mesh])

"eccentric exercise" AND (Hamstring Muscles [Mesh])

Estrategias de búsqueda Cochrane

"Nordic hamstring"

"Nordic curl" AND "hamstring muscles"

Estrategias de búsqueda Dialnet

Nordic hamstring exercise

Ejercicio excéntrico AND isquiotibiales

Estrategias de búsqueda Science direct

nordic hamstring exercise AND hamstring muscles

TITLE(nordic hamstring) and TITLE(hamstring)

TITLE-ABSTR-KEY(nordic hamstring) and TITLE-ABSTR-KEY(hamstring muscles)

Estrategias de búsqueda Scopus

(TITLE-ABS-KEY (nordic hamstring)

(TITLE-ABS-KEY (nordic curl) AND TITLE-ABS-KEY (hamstring))

Estrategias de búsqueda Sportdiscurs

"Hamstring muscles" AND "nordic exercise"

"Nordic hamstring"

Estrategias de búsqueda Web of science

Título: (nordic hamstring)

Título: (Eccentric exercise) AND Título: (Hamstring)