
EFFECTIVIDAD DEL EJERCICIO NÓRDICO EN LA PREVENCIÓN DE LESIONES DE LA MUSCULATURA ISQUIOTIBIAL EN DEPORTISTAS



UNIVERSIDAD PÚBLICA DE NAVARRA

FACULTAD DE CIENCIAS DE LA SALUD

TRABAJO DE FIN DE GRADO

CONVOCATORIA ORDINARIA

AUTOR: ADRIÁN GÓMEZ MENDOZA

DIRECTORA: CRISTINA OCÓN ROBRES

4º CURSO. GRADO EN FISIOTERAPIA. 2016 - 2020

RESUMEN

Antecedentes: Las lesiones por distensión o rotura de los músculos isquiotibiales son cada vez más frecuentes en el deporte. Estas lesiones se caracterizan por presentar una elevada tasa de recurrencia. Por ello, resulta necesario llevar a cabo una correcta estrategia de prevención a fin de abordar dichas lesiones.

Objetivo: El objetivo principal del trabajo es demostrar la efectividad del ejercicio nórdico de isquiotibiales, como ejemplo de ejercicio excéntrico, en la prevención de las lesiones de la musculatura isquiotibial en deportistas y plantear una propuesta de intervención adecuada en base a este ejercicio.

Metodología: Se trata de una revisión bibliográfica sistemática desarrollada a partir de la literatura encontrada en las bases de datos de PubMed, PEDro y Science Direct. Los artículos fueron seleccionados en función de unos criterios de elegibilidad y de la calidad metodológica de los mismos.

Resultados: El ejercicio nórdico de isquiotibiales ha demostrado ser efectivo en la prevención de las lesiones de dichos músculos en deportistas. Además, también se han observado efectos beneficiosos en la fuerza muscular y en las características arquitectónicas de esta musculatura, así como en la gravedad de estas lesiones con el ejercicio; entre otras variables.

Conclusión: A pesar de la efectividad del ejercicio nórdico para el abordaje de las lesiones de los músculos isquiotibiales, es necesaria una mayor evidencia científica acerca de las propiedades preventivas de este ejercicio.

Palabras clave: Ejercicio nórdico de isquiotibiales; ejercicio excéntrico; prevención; lesiones de los músculos isquiotibiales; deportistas.

Número de palabras: 12.451

ABSTRACT

Background: Hamstring strain or tear injuries are becoming more frequent in sport. These injuries are characterized by presenting a high recurrence rate. Therefore, it is necessary to implement an adequate prevention strategy in order to address these injuries.

Objective: The main objective of the work is to demonstrate the effectiveness of nordic hamstring exercise, as an example of eccentric exercise, in the prevention of hamstring injuries in athletes and to outline a suitable intervention proposal based on this exercise.

Methods: This is a systematic bibliographic review developed from the literature found in the PubMed, PEDro and Science Direct databases. The articles were selected according to eligibility criteria and their methodological quality.

Results: Nordic hamstring exercise has been shown to be effective in preventing hamstring injuries in athletes. In addition, beneficial effects have also been observed on muscle strength and architectural characteristics of this musculature, as well as on the severity of these injuries with exercise; among other variables.

Conclusion: Despite the effectiveness of nordic hamstring exercise in addressing hamstring injuries, more scientific evidence is needed about the preventive properties of this exercise.

Keywords: Nordic hamstring exercise; eccentric exercise; prevention; hamstring injuries; athletes.

Number of words: 12.451

ÍNDICE

1. INTRODUCCIÓN	1
1.1. Anatomía	1
1.2. Epidemiología	2
1.3. Características	3
1.4. Diagnóstico	3
1.5. Clasificación	7
1.6. Factores de riesgo	7
1.7. Mecanismo lesional	10
1.8. Ejercicio excéntrico	10
1.9. Ejercicio nórdico de isquiotibiales	11
1.10. Justificación del trabajo	12
2. OBJETIVOS	13
2.1. Objetivo principal	13
2.2. Objetivos secundarios o específicos	13
3. MATERIAL Y MÉTODOS	15
3.1. Fuentes de información consultadas	15
3.2. Estrategia de búsqueda	15
3.3. Criterios de elegibilidad	17
3.3.1. Criterios de inclusión	17
3.3.2. Criterios de exclusión	17
3.4. Calidad metodológica	18
4. RESULTADOS	25
4.1. Incidencia de las lesiones	25
4.2. Fuerza excéntrica	25
4.3. Arquitectura de los isquiotibiales	26
4.4. Activación de los isquiotibiales	27
4.5. Gravedad de las lesiones	28
4.6. Fatiga muscular	28
4.7. Momento clave para llevar a cabo la intervención	29
5. DISCUSIÓN	35
5.1. Incidencia de las lesiones	35

5.2. Fuerza excéntrica.....	36
5.3. Arquitectura de los isquiotibiales.....	37
5.4. Activación de los isquiotibiales.....	38
5.5. Gravedad de las lesiones.....	39
5.6. Fatiga muscular.....	39
5.7. Momento clave para llevar a cabo la intervención.....	39
5.8. Limitaciones del trabajo.....	40
6. CONCLUSIONES.....	41
7. PROPUESTA DE INTERVENCIÓN.....	43
7.1. Introducción.....	43
7.2. Objetivos.....	44
7.2.1. Objetivo principal.....	44
7.2.2. Objetivos secundarios o específicos.....	44
7.3. Criterios de elegibilidad.....	44
7.3.1. Criterios de inclusión.....	44
7.3.2. Criterios de exclusión.....	44
7.4. Valoración.....	45
7.4.1. Incidencia de las lesiones.....	45
7.4.2. Fuerza muscular.....	45
7.4.3. Arquitectura de los isquiotibiales.....	45
7.4.4. Gravedad de las lesiones.....	46
7.4.5. Fatiga muscular.....	46
7.5. Contraindicaciones para continuar con la intervención.....	46
7.6. Programa de intervención.....	47
7.6.1. Calentamiento.....	47
7.6.2. Ejercicio nórdico de isquiotibiales.....	48
7.6.3. Vuelta a la calma.....	50
8. AGRADECIMIENTOS.....	53
9. BIBLIOGRAFÍA.....	55
10. ANEXOS.....	59

1. INTRODUCCIÓN

1.1. Anatomía

Los músculos isquiotibiales forman parte de un grupo muscular que se sitúa en la parte posterior del muslo. Este grupo está constituido por tres músculos; el bíceps femoral, que consta a su vez de una cabeza larga y una cabeza corta; el semitendinoso y el semimembranoso. Todos estos músculos se originan en la tuberosidad isquiática de la pelvis a excepción de uno, la porción corta del bíceps femoral, que tiene su origen en la parte lateral de la línea áspera y la cresta supracondílea lateral del fémur, por lo que no puede ser considerado como un verdadero músculo isquiotibial^(1,2).

La porción corta del bíceps femoral se une al tendón de la porción larga para insertarse en la cabeza del peroné y en la región proximal y posterolateral de la tibia. El semitendinoso y el semimembranoso tienen su inserción en la pata de ganso y en la región proximal y posteromedial de la tibia, respectivamente⁽¹⁻³⁾.

La función de la porción larga del bíceps femoral consiste en flexionar y rotar lateralmente la pierna en la articulación de la rodilla y en extender y rotar lateralmente el muslo en la articulación de la cadera, además de estabilizar posteriormente la pelvis. La porción corta del bíceps femoral actúa flexionando y rotando lateralmente la pierna en la articulación de la rodilla con la cadera en extensión. El semitendinoso se encarga de flexionar y rotar medialmente la pierna y de proporcionar estabilidad frente al valgo rotatorio en la articulación de la rodilla. Por último, el semimembranoso tiene la función de flexionar y rotar medialmente la pierna en la articulación de la rodilla y de extender y rotar medialmente el muslo en la articulación de la cadera, así como de proporcionar estabilidad a la rodilla^(1,2,4).

La porción larga del bíceps femoral, el semitendinoso y el semimembranoso son músculos biarticulares, ya que discurren a lo largo de la articulación de la cadera y la articulación de la rodilla; mientras que la porción corta del bíceps femoral es un músculo monoarticular, debido a que solo abarca la articulación de la rodilla.

Los tres primeros están inervados por la porción tibial del nervio ciático, mientras que la inervación del último viene dada por la rama peronea del mismo nervio^(1,2).

Las características de la arquitectura de los músculos isquiotibiales afectan significativamente a la capacidad de generación de fuerzas de esta musculatura. Por este motivo, la contribución de cada uno de estos músculos a la fuerza ejercida por todo el grupo muscular en conjunto es diferente; además, cada uno de ellos presenta un brazo de momento distinto. A pesar de las diferencias en la arquitectura y en la morfología entre estos músculos, todos ellos actúan sinérgicamente como un grupo⁽⁵⁾.

Los músculos isquiotibiales actúan principalmente durante la fase final de oscilación y la fase inicial de apoyo del ciclo de la carrera. Durante la primera fase, realizan una contracción excéntrica para extender la cadera y flexionar la rodilla, oponiéndose a la acción de los flexores de la cadera y de los extensores de la rodilla y frenando así el avance de la extremidad inferior. En la segunda fase, estos músculos están sometidos a una contracción concéntrica para producir una extensión de la cadera y una flexión de la rodilla, a fin de que la extremidad inferior pueda tomar contacto con el suelo. La transición entre la contracción excéntrica y la contracción concéntrica tiene lugar, aproximadamente, al 85% del ciclo de la carrera y este proceso es conocido como el ciclo de estiramiento-acortamiento^(4,6).

1.2. Epidemiología

Las lesiones de los músculos isquiotibiales son muy comunes en deportes como el fútbol, el atletismo, el rugby y el fútbol americano, entre otros; deportes que involucran acciones como correr y saltar principalmente, las cuales requieren una rápida aceleración y desaceleración de la extremidad inferior^(1,4,6).

En el fútbol, las lesiones de los isquiotibiales son unas de las más comunes, representando entre un 12% y un 16% del total de lesiones en este deporte. Este tipo de lesiones ocurren con mayor frecuencia durante los partidos que durante los entrenamientos⁽⁷⁾.

Las lesiones de esta musculatura tienen una de las mayores tasas de recurrencia, la cual se sitúa entre el 12% y el 33% aproximadamente. Esto significa que casi un tercio de las lesiones aparecerán de nuevo, siendo el periodo de mayor riesgo de recurrencia de estas lesiones durante las dos primeras semanas de la vuelta al deporte. Esta alta tasa de recurrencia es indicativa de un inadecuado programa de

rehabilitación, de una rápida y prematura vuelta al deporte o de ambos. La recidiva de este tipo de lesiones es más frecuente cuando estas involucran a la porción larga del bíceps femoral. Esta es una de las mayores complicaciones de esta patología, ya que las lesiones recurrentes de los isquiotibiales resultan en una pérdida de tiempo significativamente mayor que las lesiones nuevas de esta musculatura^(2,8).

1.3. Características

Las lesiones de los isquiotibiales se caracterizan por estar relacionadas con largos periodos de inactividad en el deporte y de rehabilitación, con una alta tasa de recurrencia y con unos costes médicos elevados. Reduciendo la incidencia, la recurrencia y la gravedad de estas lesiones, se pueden reducir dichos costes, el tiempo perdido por la inactividad y muchas otras consecuencias negativas de las mismas. Los avances en el diagnóstico, la clasificación y en los nuevos tratamientos, así como en las estrategias de prevención, pueden aportar futuros beneficios^(1,2,8-10).

Existen diversos tipos de lesiones en la musculatura isquiotibial, como son las distensiones, los desgarros o roturas, las avulsiones, las tendinopatías, las contusiones o el dolor referido en la parte posterior del muslo, entre otras^(2,8,9).

En cuanto a la localización de las lesiones, estas ocurren con mayor frecuencia en la zona proximal que en la zona distal de los isquiotibiales. Cuanto más proximal es la lesión, mayor es el tiempo de recuperación para volver a la actividad deportiva. La porción larga del bíceps femoral es el músculo más comúnmente lesionado, seguido del semimembranoso. La gran mayoría de las lesiones tienen lugar en la unión miotendinosa, la cual se encarga de transmitir la fuerza generada por el músculo al tendón, que seguidamente transmite esa fuerza al hueso para producir el movimiento. Las lesiones en los vientres musculares son menos comunes^(1,2,7,11).

La mayor parte de estas lesiones suelen aparecer en situaciones en las que no existe contacto; sin embargo, un pequeño porcentaje de las mismas pueden ocurrir como consecuencia de un traumatismo directo^(1,2).

1.4. Diagnóstico

La necesidad y la importancia de un diagnóstico rápido y preciso de las lesiones de los isquiotibiales es evidente. El examen clínico de este tipo de lesiones debe incluir una historia clínica completa, la exploración física del paciente, pruebas de imagen y

un diagnóstico diferencial, entre otros. La valoración clínica inicial suele llevarse a cabo en los dos primeros días después de la lesión, sin embargo, el dolor y la inflamación presentes durante esta primera fase pueden afectar de manera importante a la evaluación del paciente. Después de 48 horas desde la lesión, tanto el dolor como la inflamación deberían haber disminuido y los resultados del examen clínico podrían ser más relevantes para el diagnóstico de la misma. Por lo tanto, la evaluación clínica del paciente está indicada a partir de los dos días después de la lesión^(2,9,12).

Los signos y síntomas que se presentan con estas lesiones van a depender de la magnitud de las mismas, pero en general, la mayoría de los deportistas experimentan un dolor agudo y repentino en la parte posterior del muslo y a menudo describen un “pop” audible o palpable. Estos pueden tener dificultades para continuar con la actividad deportiva y a la hora de caminar y de correr, molestias e incomodidad al sentarse y pérdidas de flexibilidad, de movilidad y de fuerza. También pueden presentar signos de hematoma o equimosis y de inflamación en la zona posterior del muslo e incluso en zonas adyacentes, debilidad de los isquiotibiales, inestabilidad, calambres y síntomas neurológicos, como parestesias y alteraciones motoras, pudiendo desencadenar también síntomas de ciática^(1,2,9,13).

La exploración física de los pacientes debe consistir en la inspección y la palpación de la región posterior del muslo, la evaluación de la flexibilidad y del rango de movimiento y la valoración de la fuerza de los músculos isquiotibiales, además de una exploración neurológica y de las zonas próximas a la lesión, entre otras^(2,9,12).

En cuanto a la inspección, se debe explorar la zona afectada en busca de la aparición de un posible hematoma y de otros signos visibles como consecuencia de la lesión. La presencia de hematoma suele estar relacionada con la gravedad de la misma; pero este no siempre aparece inmediatamente después de la lesión, pudiendo hacerse visible más adelante, por lo que su ausencia no debe ser interpretada como un signo indicativo de una lesión de menor importancia. La falta persistente de hematoma no descarta la presencia de una lesión de los isquiotibiales. Un signo evidente en este tipo de lesiones es el patrón de marcha rígida, que aparece debido a que el paciente intenta evitar la flexión de cadera y de rodilla al caminar. En el examen palpatorio hay

que prestar especial atención al origen, la inserción y a los vientres musculares de los isquiotibiales. La palpación ayuda a identificar la localización específica de la lesión y a determinar qué músculos se encuentran afectados; sin embargo, la ubicación precisa de la lesión es con frecuencia difícil de concretar debido a la localización profunda de los isquiotibiales, especialmente en la parte más proximal. Los hallazgos que se pueden encontrar mediante la palpación son la presencia de dolor y de una pequeña hendidura o espacio, en ocasiones enmascarada por el hematoma, en la región posterior del muslo, entre otros. La flexibilidad se puede valorar mediante la prueba de elevación pasiva y activa de la pierna recta, mientras que el rango de movimiento se examina realizando una comparación de la simetría de ambas extremidades inferiores con el movimiento activo y pasivo. Como consecuencia de las lesiones de los isquiotibiales, la flexibilidad de esta musculatura, así como la movilidad de la cadera y de la rodilla de la extremidad lesionada se encuentran significativamente disminuidas en comparación con la extremidad sana. La fuerza de los isquiotibiales se puede medir por medio de la flexión de la rodilla y la extensión de la cadera contra resistencia, con el paciente colocado en decúbito prono y en diferentes rangos de amplitud de cadera y de rodilla. Una alternativa para valorar la fuerza de esta musculatura es realizar la prueba de quitarse el zapato, del inglés “take off the shoe test (TOST)”, en la cual se le pide al paciente que se quite el zapato de la extremidad lesionada con la ayuda del pie de la extremidad sana en bipedestación. Este test demostrará si hay dolor y/o debilidad de los isquiotibiales. Todas estas pruebas y test se realizan bilateralmente y en múltiples posiciones debido a la naturaleza biarticular de estos músculos. La fuerza de flexión de la rodilla y de extensión de la cadera se encuentra con frecuencia disminuida, apareciendo una notable debilidad a causa de las lesiones de la musculatura isquiotibial. La exploración neurológica se realiza debido a la proximidad de los isquiotibiales con las estructuras nerviosas que atraviesan la parte posterior del muslo, ya que una lesión en esta zona puede estar relacionada con posibles lesiones neurológicas. Para ello se puede emplear el test de slump o “slump test” del inglés, en el cual se provoca una tensión neural del nervio ciático para determinar si los síntomas del paciente son debidos a un compromiso nervioso. Por último, se debe llevar a cabo una exploración de las estructuras adyacentes a la lesión como son la columna lumbar, la articulación

sacroilíaca, la cadera y la rodilla, así como toda la musculatura y demás tejidos relacionados, para identificar cualquier otra posible causa de la sintomatología en la región posterior del muslo^(1,2,9,12,13).

El diagnóstico por imagen juega un papel importante en el diagnóstico de lesiones de los isquiotibiales; sin embargo, no siempre es necesario, ya que en la mayoría de los casos sirve para confirmar los hallazgos encontrados a través de la historia clínica y de la exploración física del paciente. Las pruebas de imagen de elección para el diagnóstico de las lesiones de los músculos isquiotibiales son la resonancia magnética nuclear (RMN) y la ecografía. Ambas pruebas han demostrado ser efectivas para el diagnóstico, la valoración y el seguimiento de la evolución de dichas lesiones. La ecografía permite detectar las lesiones y medir la longitud, la anchura o el área transversal y la profundidad de las mismas. Se trata de un medio más accesible y económico que la RMN, pero dependiente de la calidad y la experiencia del evaluador y poco sensible para identificar lesiones pequeñas y profundas. La resonancia magnética, por su parte, permite definir con precisión la localización de la lesión, su gravedad y extensión, los músculos implicados y la posible retracción de los mismos. Además, es muy sensible para identificar las lesiones más pequeñas y proximales, aunque es menos asequible y de menor disponibilidad. La RMN es más sensible y precisa que la ecografía a la hora de realizar el seguimiento sobre la progresión de las lesiones de los isquiotibiales. Las pruebas de imagen son útiles para la toma de decisiones terapéuticas y cuando se valora la vuelta al deporte de los deportistas^(1-3,9,12,13).

Es importante llevar a cabo un diagnóstico diferencial apropiado cuando se evalúa a deportistas con lesiones de la musculatura isquiotibial. Este diagnóstico diferencial incluye las avulsiones de los tendones de los isquiotibiales y/o de la tuberosidad isquiática, las fracturas por estrés, el dolor referido en la parte posterior del muslo, el síndrome del piramidal o piriforme, las tendinopatías de los glúteos, la bursitis trocantérea, las radiculopatías lumbares y/o lumbosacras, el dolor por ciática, los bloqueos de las articulaciones sacroilíacas, el síndrome de los isquiotibiales, las distensiones de los aductores, el síndrome de la cintilla iliotibial, las distensiones de la cápsula y los esguinces de los ligamentos colaterales de la rodilla, las lesiones de

los meniscos, las distensiones de los gastrocnemios, la bursitis de la pata de ganso y los tumores, entre otros^(1,2,4,9,12).

1.5. Clasificación

Las lesiones de los músculos isquiotibiales se pueden clasificar en función de su localización, de su mecanismo lesional y de su gravedad.

Respecto a su localización, las lesiones se agrupan en proximales, centrales y distales. Las lesiones proximales afectan a los tendones proximales, a los lugares de origen de dichos tendones en la tuberosidad isquiática y a las uniones miotendinosas proximales. En la parte central, las lesiones se localizan en los vientres musculares. Distalmente, las lesiones afectan a los tendones distales, a los lugares de inserción de estos tendones y a las uniones miotendinosas distales. En cuanto al mecanismo lesional, las lesiones pueden ser directas o indirectas. Las lesiones de los isquiotibiales se clasifican en tres grandes grupos de acuerdo con su gravedad: leves (grado 1), moderadas (grado 2) y graves (grado 3). Las lesiones de grado 1 se caracterizan por un leve sobreestiramiento de las fibras musculares con una mínima pérdida de la integridad estructural de la unión miotendinosa, una pequeña inflamación y sensación de incomodidad y una nula o mínima pérdida de fuerza y/o de función. Las lesiones de grado 2 hacen referencia a los desgarros parciales o incompletos de las fibras musculares sin una interrupción completa de las mismas y se presentan con una pérdida moderada de fuerza y/o de función y, en ocasiones, con un leve hematoma. Por último, las lesiones de grado 3 incluyen los desgarros completos o roturas de las fibras musculares y se caracterizan por una pérdida completa de la integridad estructural de la unión miotendinosa, una pérdida significativa de fuerza y de función y un hematoma bien definido^(1,3,9,13).

1.6. Factores de riesgo

Las causas de las lesiones de los isquiotibiales son complicadas y multifactoriales^(10,14).

Identificar los factores de riesgo que predisponen a los deportistas a sufrir lesiones de este tipo resulta fundamental para llevar a cabo unas estrategias de prevención adecuadas, reduciendo así la incidencia de dichas lesiones^(2,14).

Los factores de riesgo se pueden clasificar en modificables y no modificables. Además, también es posible agruparlos en factores intrínsecos y extrínsecos^(2,6,7,13,14).

En cuanto a los factores de riesgo no modificables, los más destacados son la edad, la etnia, las características de la anatomía y la biomecánica de los músculos isquiotibiales y las lesiones previas, entre otros.

La edad es un claro factor de riesgo para las lesiones de los isquiotibiales. Los deportistas de mayor edad son más propensos a sufrir este tipo de lesiones, ya que este factor está asociado con la pérdida de fuerza de la musculatura isquiotibial. La etnia es otro factor destacado, siendo los deportistas de raza aborigen y de raza negra los más afectados por estas lesiones. El hecho de que estos músculos sean biarticulares hace que el riesgo que tienen de sufrir lesiones sea mayor que para los músculos monoarticulares. Las lesiones previas de los isquiotibiales son el factor de riesgo más importante en la aparición de nuevas lesiones de esta musculatura. Entre un 12% y un 31% de estas lesiones están causadas por lesiones anteriores de estos músculos. Los deportistas con lesiones previas de los isquiotibiales tienen una probabilidad de 3,6 veces mayor aproximadamente (2-6 veces) de sufrir una nueva lesión. Además, estas nuevas lesiones son mucho más graves y se alargan más en el tiempo que las primeras. Todo esto se debe principalmente a la disminución de la fuerza de los isquiotibiales y a la aparición de tejido cicatricial que sustituye al tejido muscular normal como consecuencia de las lesiones previas de esta musculatura. Por otro lado, las lesiones de otras estructuras adyacentes incrementan el riesgo de sufrir lesiones de los isquiotibiales, ya que es muy probable que se produzcan cambios en la biomecánica de la carrera a causa de estas otras lesiones^(1-3,6,7,13-15).

Con respecto a los factores de riesgo modificables, los más importantes son la fuerza de los isquiotibiales, los desequilibrios de fuerza entre los isquiotibiales de ambas extremidades o en el ratio isquiotibiales-cuádriceps de la misma extremidad, el torque máximo de los isquiotibiales, la longitud de estos músculos, su flexibilidad, el rango de movimiento, la fatiga muscular, la estabilidad del core, el gesto o movimiento deportivo, el calentamiento llevado a cabo antes del entrenamiento o de la competición, el momento en el que se produce la lesión, el tipo de actividad deportiva y la posición de los atletas según el deporte, entre otros muchos.

La debilidad o la falta de fuerza tanto concéntrica como excéntrica de los isquiotibiales constituye un factor de riesgo importante para las lesiones de esta

musculatura. Los deportistas con una diferencia de fuerza entre los isquiotibiales de ambas extremidades mayor de un 10% a un 15% y/o con un ratio isquiotibiales-cuádriceps de la misma extremidad menor de 0,6 son más propensos a sufrir este tipo de lesiones. El torque máximo de los isquiotibiales del miembro inferior previamente lesionado tiene lugar con un ángulo de flexión de la rodilla mayor que en el miembro no lesionado, esto quiere decir que la extremidad con lesiones anteriores de los músculos isquiotibiales genera más fuerza que la extremidad sin lesiones previas de esta musculatura para el mismo rango de movimiento, lo que supone un mayor riesgo de lesión. Una menor longitud de los fascículos y una flexibilidad disminuida de los isquiotibiales, así como un rango de movimiento reducido de la articulación de la cadera y de la rodilla, aumentan la probabilidad de sufrir lesiones en dichos músculos. La fatiga muscular es otro factor de riesgo importante, ya que la mayoría de las lesiones ocurren al final de las competiciones deportivas. La estabilidad reducida del core, junto con una posición de la pelvis que coloque a los isquiotibiales en desventaja a la hora de realizar un gesto deportivo, se asocian con un aumento del riesgo de lesión. Un calentamiento insuficiente e inadecuado puede llevar a sufrir lesiones de los isquiotibiales. La pretemporada es el periodo en el que más lesiones se producen. Además, a lo largo de la temporada, estas lesiones son más comunes durante las competiciones deportivas que durante los entrenamientos, debido a que la exigencia física es mucho mayor durante las primeras. El tipo de deporte también supone un factor de riesgo importante, siendo más peligrosos aquellos en los que correr y dar patadas son las principales actividades, como el fútbol, por ejemplo. Por último, la posición de los jugadores en los distintos deportes condiciona la aparición de lesiones de la musculatura isquiotibial, con un riesgo más elevado para los deportistas cuya posición exige mucha velocidad de carrera^(1,2,6,7,13-15).

Por lo general, los factores de riesgo se presentan de manera conjunta e interactúan entre ellos. Resulta extraño que un solo factor sea la causa de la lesión, ya que normalmente estas lesiones se deben a múltiples factores de riesgo^(10,13-15).

1.7. Mecanismo lesional

Como ya se ha explicado anteriormente, las lesiones de los isquiotibiales se pueden clasificar en función del mecanismo lesional en directas (traumatismo directo, lesiones de contacto) e indirectas (traumatismo indirecto, lesiones sin contacto), siendo estas últimas las más comunes. Las lesiones indirectas pueden estar originadas por dos tipos diferentes de mecanismo lesional, principalmente^(2,9,11,13,14).

Muchas de estas lesiones tienen lugar durante la carrera de alta velocidad, “high-speed running injury type” del inglés. En la fase final de oscilación del ciclo de la carrera, los isquiotibiales se contraen excéntricamente en una posición de máximo alargamiento de las fibras musculares para provocar una extensión de cadera junto con una flexión de rodilla y frenar, de esta manera, el avance de la extremidad inferior; realizando posteriormente una contracción concéntrica y preparando así dicha extremidad para la fase de contacto inicial con el suelo. Esta contracción excéntrica desde una posición de desventaja y el cambio rápido de la contracción excéntrica a la concéntrica son los causantes de este tipo de lesiones, las cuales afectan especialmente a la porción larga del bíceps femoral y al semitendinoso^(1,6,9,11,14).

Las lesiones de los isquiotibiales también pueden producirse como consecuencia de un estiramiento excesivo de esta musculatura por la combinación de una flexión de cadera y una extensión de rodilla exageradas, del inglés “stretching injury type”. Este tipo de lesiones se dan mayoritariamente en el semimembranoso^(1,6,7,9,11,13).

El tiempo de recuperación de estas últimas es significativamente más prolongado que el de las primeras⁽⁹⁾.

1.8. Ejercicio excéntrico

A pesar de la elevada incidencia de las lesiones de los isquiotibiales en el deporte, no hay evidencia científica suficiente acerca de la efectividad de las intervenciones preventivas llevadas a cabo para abordar este tipo de lesiones⁽¹⁰⁾.

El ejercicio excéntrico ha demostrado ser una estrategia de prevención muy eficaz para reducir la alta tasa de lesiones de esta musculatura. La efectividad del entrenamiento excéntrico puede explicarse principalmente por el hecho de que este

tipo de intervención reproduce el mecanismo lesional de estas lesiones y mejora muchos de los factores de riesgo que llevan a sufrir dichas lesiones^(2,6).

El entrenamiento mediante la contracción excéntrica produce un incremento de la fuerza y de la masa muscular de los isquiotibiales, así como un aumento de su flexibilidad y de la longitud de sus fascículos, entre otras muchas propiedades. Además, provoca un desplazamiento de la longitud óptima de los isquiotibiales hacia longitudes más largas; es decir, disminuye el ángulo de flexión de la rodilla en el cual tiene lugar el torque máximo de estos músculos. Esto permite que los isquiotibiales produzcan una fuerza máxima desde longitudes musculares mayores sin sufrir un sobreestiramiento y con el mínimo gasto de energía^(6,16,17).

Un inconveniente del ejercicio excéntrico es el dolor muscular de aparición tardía asociado, del inglés “delayed-onset muscle soreness (DOMS)”, el cual aparece normalmente 24 horas después del ejercicio^(6,16).

1.9. Ejercicio nórdico de isquiotibiales

El ejercicio nórdico para los isquiotibiales, del inglés “nordic hamstring exercise (NHE)”, también conocido como curl nórdico de isquiotibiales, es el ejercicio más comúnmente empleado en la literatura científica para prevenir las lesiones de esta musculatura⁽¹⁷⁾.

Se trata de un ejercicio que puede ser clasificado tanto de cadena cinética abierta como de cadena cinética cerrada, con una primera fase excéntrica y una segunda fase concéntrica^(2,6,7,16,17).

Además, el NHE es un ejercicio que tiene la ventaja de poder realizarse en el propio campo o cancha de entrenamiento y sin ningún tipo de equipamiento adicional.

El ejercicio comienza con el deportista colocado en posición de rodillas, con el tronco recto y alineado con las articulaciones de la cadera y formando un ángulo recto con las articulaciones de la rodilla. Con la ayuda de un compañero de entrenamiento que se asegura de mantener los pies y las piernas del deportista en contacto con el suelo aplicando presión sobre los mismos, el sujeto inicia el ejercicio inclinando el tronco hacia adelante lo más despacio posible, para maximizar la carga muscular durante la fase excéntrica, hasta entrar en contacto con el suelo. A continuación, utiliza sus

extremidades superiores para amortiguar la caída y realizar un empuje contra el suelo para regresar a la posición inicial, minimizando la carga muscular durante la fase concéntrica del ejercicio^(2,16).

Como consecuencia de la insuficiencia de datos y de la heterogeneidad de los resultados sobre los protocolos de fortalecimiento, como en el caso del ejercicio nórdico de isquiotibiales, resulta difícil sacar conclusiones sobre la efectividad y, por lo tanto, la aplicabilidad de estos protocolos⁽¹⁰⁾.

1.10. Justificación del trabajo

La elección de este tema para mi trabajo de fin de grado se debe a que siempre había escuchado que el ejercicio excéntrico era muy efectivo tanto en la prevención como en el tratamiento de lesiones musculares, pero desconocía sus propiedades y su mecanismo de actuación. Decidí centrarme en el ejercicio nórdico de isquiotibiales puesto que es uno de los ejercicios que mayor evidencia tiene en la literatura científica.

Además, otra de las razones que justifican el tema de mi trabajo es el hecho de que después de terminar mis estudios de fisioterapia, me he dado cuenta de que tenemos muy poco conocimiento acerca del abordaje de las lesiones por distensión o rotura muscular.

Por ello, me gustaría saber un poco más sobre el tema y plantear una propuesta de intervención empleando el ejercicio nórdico de isquiotibiales para prevenir las lesiones de esta musculatura.

2. OBJETIVOS

2.1. Objetivo principal

El objetivo principal del trabajo es demostrar la efectividad del ejercicio nórdico de isquiotibiales, como ejemplo de ejercicio excéntrico, en la prevención de lesiones nuevas y recidivantes de la musculatura isquiotibial en deportistas, en base a la disminución de dichas lesiones con el ejercicio.

2.2. Objetivos secundarios o específicos

Existen otros objetivos secundarios o específicos, como son los siguientes:

- Conocer los cambios en la fuerza muscular y en las características de la arquitectura de los isquiotibiales como consecuencia del ejercicio nórdico.
- Identificar los patrones de activación de estos músculos inducidos por dicho ejercicio.
- Analizar la gravedad de las lesiones después de llevar a cabo una intervención basada en este ejercicio.
- Observar el nivel de fatiga provocado como resultado del ejercicio.
- Determinar el momento clave para llevar a cabo la intervención.

3. MATERIAL Y MÉTODOS

3.1. Fuentes de información consultadas

Las bases de datos bibliográficas que se emplearon en la búsqueda de información para la realización de este trabajo fueron PubMed, PEDro y Science Direct; siendo PubMed la base de datos de la cual se ha obtenido la mayor parte de los artículos seleccionados para la revisión.

En un primer momento, se realizó una búsqueda de los artículos más relevantes publicados en las tres bases de datos durante los últimos 5 años, pero como los resultados fueron escasos, finalmente se decidió ampliar la búsqueda a 10 años.

Los filtros de búsqueda empleados en PubMed fueron “artículos con el texto completo disponible” y “artículos publicados en los 10 últimos años”. En PEDro y en Science Direct, por su parte, solo se utilizaron los filtros “artículos publicados desde 2010” y “artículos publicados desde el 2010 hasta el 2019”, respectivamente.

En la búsqueda se incluyeron tanto revisiones sistemáticas como ensayos clínicos y cualquier otro tipo de artículo científico, aunque para la revisión únicamente se seleccionaron artículos de investigación.

3.2. Estrategia de búsqueda

Al principio, se llevó a cabo una primera búsqueda en la que se emplearon las palabras clave “eccentric exercise”, “nordic hamstring exercise”, “prevention”, “hamstring injuries” y “athletes”, pero como no se encontraron muchos resultados debido a la especificidad de la búsqueda, se decidió realizar una segunda búsqueda usando la palabra clave “nordic hamstring exercise” (Figura 1).

Después de esta segunda búsqueda, el número total de artículos encontrados fue de 250, de los cuales se encontraron 104 en PubMed, 17 en PEDro y 129 en Science Direct. De los 250 artículos, 25 estaban duplicados y 2 estaban triplicados, por lo que un total de 29 artículos fueron excluidos. De los 221 artículos restantes, se seleccionaron 59 tras leer el título y el resumen, descartando 162 artículos en total. Dentro de los artículos seleccionados, 38 no cumplieron los criterios de elegibilidad, quedando 21 artículos, de los cuales se eliminaron 11 por no ser relevantes después de leer el texto completo. Finalmente, 10 artículos fueron incluidos en la revisión.

Palabras clave: "Nordic hamstring exercise".

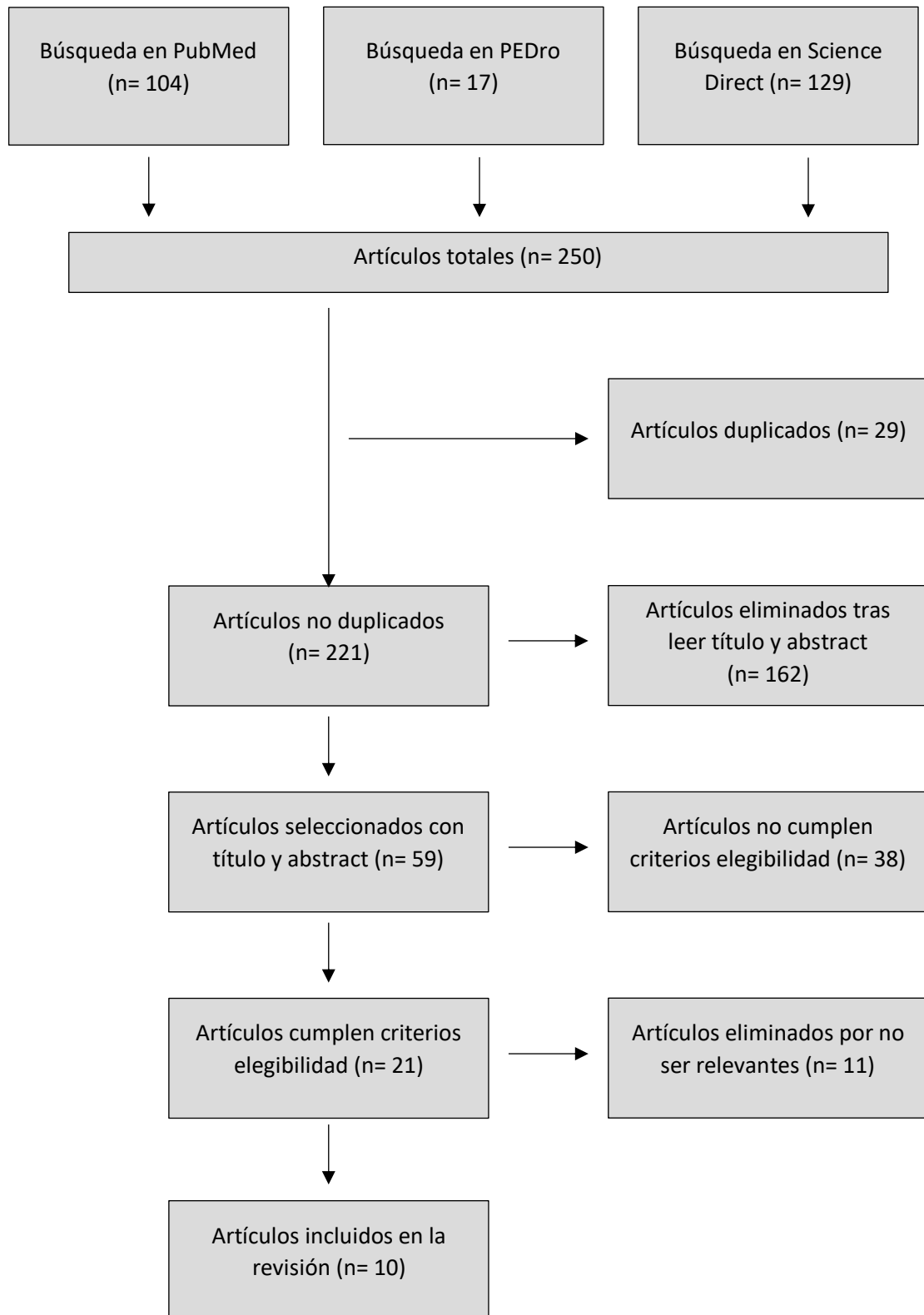


Figura 1. Diagrama de flujo.

3.3. Criterios de elegibilidad

3.3.1. Criterios de inclusión

Se incluyeron:

- Ensayos clínicos aleatorizados (ECAs), estudios de cohortes y estudios de casos y controles.
- Con una escala PEDro ≥ 5 o una escala CASPe ≥ 6 .
- Publicados en revistas con un factor de impacto situado en el primer (Q1) o segundo (Q2) cuartil.
- Publicados desde el 2010 hasta el 2019 (10 años).
- Escritos en inglés.
- Con el texto completo disponible.
- Aplicados en humanos.
- Con una población masculina (hombres), en deportistas y de entre 16 y 40 años de edad.
- Que empleasen el ejercicio nórdico de isquiotibiales (NHE).

3.3.2. Criterios de exclusión

Se excluyeron:

- Artículos que no fuesen ensayos clínicos aleatorizados (ECAs), estudios de cohortes o estudios de casos y controles.
- Con una escala PEDro < 5 o una escala CASPe < 6 .
- Publicados en revistas con un factor de impacto situado en el tercer (Q3) o cuarto (Q4) cuartil.
- Publicados antes del 2010 (hace más de 10 años).
- Escritos en otro idioma que no fuese el inglés.
- Sin el texto completo disponible.
- Que no estuviesen aplicados en humanos.
- Con una población que no fuese masculina (hombres), que no fueran deportistas y en menores de 16 y mayores de 40 años de edad.
- Que no emplearan el ejercicio nórdico de isquiotibiales (NHE).

3.4. Calidad metodológica

La calidad de los diferentes artículos incluidos en la revisión se evaluó mediante la escala PEDro para los ensayos clínicos aleatorizados (ECAs) y la escala CASPe para los estudios de cohortes y los estudios de casos y controles (Tablas 1 y 2).

La escala PEDro analiza 11 criterios sobre la metodología de los artículos, aunque solo se tienen en cuenta los 10 últimos criterios para la puntuación final de la escala, excluyéndose el primer criterio. La escala CASPe analiza 11 criterios de la metodología de los artículos, incluyendo los 11 criterios para la puntuación final de la escala (Anexos 1 y 2).

Como se ha mencionado en el apartado anterior, se incluyeron en el trabajo aquellos artículos con una puntuación en la escala PEDro ≥ 5 y con una puntuación en la escala CASPe ≥ 6 ; a excepción de los estudios de **Lovell R et al.**⁽¹⁸⁾ y de **Bourne MN et al.**⁽¹⁹⁾ (con una puntuación de 3 y de 4 en la escala PEDro, respectivamente), los cuales fueron incluidos en la revisión debido a que ambos están publicados en revistas con un factor de impacto situado en el primer cuartil (Q1) y puesto que resultaron ser de gran relevancia para el trabajo.

Además, también se analizó la calidad de las revistas en las que están publicados los artículos incluidos en el trabajo a través del índice de impacto de las mismas mediante el Journal Citation Reports (JCR) y el SCImago Journal & Country Rank (SJR); incluyéndose, como se ha visto anteriormente, aquellos artículos publicados en revistas cuyo factor de impacto se encontrase dentro del primer (Q1) o segundo (Q2) cuartil (Tabla 3).

Tabla 1. Escala PEDro.

Autor et al. (año)	Criterio 1	Criterio 2	Criterio 3	Criterio 4	Criterio 5	Criterio 6	Criterio 7	Criterio 8	Criterio 9	Criterio 10	Criterio 11	TOTAL
Elerian AE et al. (2019)	Sí	Sí	Sí	Sí	Sí	No	No	Sí	Sí	Sí	Sí	8/10
Lovell R et al. (2018)	Sí	Sí	No	No	No	No	No	No	No	Sí	Sí	3/10
Bourne MN et al. (2017)	No	Sí	No	No	No	No	Sí	No	No	Sí	Sí	4/10
Fernandez- Gonzalo R et al. (2016)	No	Sí	No	Sí	No	No	Sí	No	Sí	Sí	Sí	6/10
Iga J et al. (2012)	No	Sí	No	Sí	No	No	Sí	No	Sí	Sí	Sí	6/10

Petersen J et al. (2011)	No	Sí	Sí	Sí	No	No	No	Sí	No	Sí	Sí	6/10
Seymore KD et al. (2017)	Sí	Sí	No	Sí	No	No	No	Sí	Sí	Sí	Sí	6/10
van der Horst N et al. (2015)	Sí	Sí	No	Sí	No	No	No	No	Sí	Sí	Sí	5/10

Tabla 2. Escala CASPe.

Autor et al. (año)	Criterio 1	Criterio 2	Criterio 3	Criterio 4	Criterio 5	Criterio 6	Criterio 7	Criterio 8	Criterio 9	Criterio 10	Criterio 11	TOTAL
Marshall PWM et al. (2015)	Sí	Sí	No sé	No	Sí	Sí	Resultados	Resultados	Sí	Sí	Sí	7/11
Bourne MN et al. (2016)	Sí	Sí	Sí	No	Sí	Sí	Resultados	Resultados	Sí	Sí	Sí	8/11

Tabla 3. Evaluación de la calidad de las revistas de los artículos seleccionados para la revisión.

Autor et al. (año)	Revista	Journal Citation Reports (JCR)			SCImago Journal & Country Rank (SJR)		
		Factor impacto	Categoría	Posición	Factor impacto	Categoría	Posición
Elerian AE et al. (2019)	Annals of Rehabilitation Medicine	-	-	-	0,410 (en 2018)	Rehabilitation	59/120 (Q2) (en 2018)
Marshall PWM et al. (2015)	Journal of Strength and Conditioning Research	1,978	Sport Sciences	25/82 (Q2)	1,248	Sports Science	31/127 (Q1)
Lovell R et al. (2018)	Scandinavian Journal of Medicine and Science in Sports	3,631	Sport Sciences	11/83 (Q1)	1,627	Sports Science	17/125 (Q1)
Bourne MN et al. (2017)	British Journal of Sports Medicine	7,867	Sport Sciences	1/81 (Q1)	3,232	Sports Science	3/127 (Q1)
Fernandez-Gonzalo R et al. (2016)	International Journal of Sports Medicine	2,084	Sport Sciences	26/81 (Q2)	1,364	Sports Science	27/127 (Q1)

Bourne MN et al. (2016)	Scandinavian Journal of Medicine and Science in Sports	3,331	Sport Sciences	9/81 (Q1)	1,688	Sports Science	17/127 (Q1)
Iga J et al. (2012)	International Journal of Sports Medicine	2,268	Sport Sciences	18/84 (Q1)	1,322	Sports Science	25/127 (Q1)
Petersen J et al. (2011)	American Journal of Sports Medicine	3,792	Sport Sciences	5/84 (Q1)	2,660	Sports Science	4/126 (Q1)
Seymore KD et al. (2017)	European Journal of Applied Physiology	2,401	Sport Sciences	27/81 (Q2)	1,186	Sports Science	29/127 (Q1)
van der Horst N et al. (2015)	American Journal of Sports Medicine	4,517	Sport Sciences	3/82 (Q1)	3,572	Sports Science	1/127 (Q1)

4. RESULTADOS

En este apartado, se exponen y contrastan los resultados de los diferentes estudios empleados en la realización de este trabajo, los cuales se han organizado en base a las distintas variables medidas en dichos estudios (Tabla 4).

4.1. Incidencia de las lesiones

La característica principal que debe presentar un ejercicio para que se considere efectivo, en lo que se refiere a la prevención de lesiones, es la disminución en el número de estas.

En el estudio de **Elerian AE et al.**⁽²⁰⁾, realizado en jugadores de fútbol profesional, se evaluó el efecto de una intervención de NHE en la prevención de lesiones nuevas y recidivantes de los isquiotibiales a lo largo de 12 semanas. Los resultados de este estudio mostraron que, tanto en el grupo que llevó a cabo la intervención antes y después del entrenamiento como en el grupo que la realizó únicamente antes del mismo, la incidencia de ambos tipos de lesiones fue significativamente menor que en el grupo control. Estos hallazgos concuerdan con el estudio de **Petersen J et al.**⁽²¹⁾, en el que se examinó el efecto de una intervención de NHE llevada a cabo durante 10 semanas en futbolistas profesionales y amateur. En este estudio, la incidencia de lesiones nuevas y recidivantes de la musculatura isquiotibial resultó significativamente menor en el grupo intervención en comparación con el grupo control.

Además, **van der Horst N et al.**⁽²²⁾ demostraron que, después de 13 semanas de intervención de NHE en futbolistas de categoría amateur, la incidencia de lesiones nuevas de estos músculos se redujo de manera significativa en los jugadores del grupo intervención frente a los jugadores del grupo control.

4.2. Fuerza excéntrica

La fuerza muscular es una variable fundamental a la hora de determinar la efectividad de un ejercicio preventivo.

En el estudio realizado por **Lovell R et al.**⁽¹⁸⁾, después de 12 semanas de intervención de NHE en futbolistas amateur, se puede observar un aumento de la fuerza excéntrica

de los isquiotibiales, evidenciado por un aumento del torque excéntrico tanto en el grupo que completó el programa antes del entrenamiento como en el grupo que lo hizo después en comparación con el grupo control y sin diferencias entre ambos grupos intervención. Por otro lado, no hubo cambios en el ángulo de la rodilla en el que tuvo lugar el torque excéntrico máximo, ni tampoco diferencias entre los grupos.

Estos hallazgos están de acuerdo con los resultados obtenidos en el estudio de **Iga J et al.**⁽²³⁾, en el que los jugadores de fútbol profesional que completaron un programa de entrenamiento de NHE a lo largo de 4 semanas de intervención, lograron un aumento significativo del torque excéntrico máximo en diferentes velocidades de evaluación, medido por dinamometría isocinética, en comparación con los jugadores del grupo control; también sin cambios significativos en el ángulo de la rodilla en el que se produjo el torque excéntrico máximo, ni diferencias significativas entre los grupos.

Bourne MN et al.⁽¹⁹⁾ también demostraron un aumento en la fuerza excéntrica de los isquiotibiales después de un programa de NHE llevado a cabo en deportistas de nivel recreativo.

Por el contrario, tras 6 semanas de intervención con este ejercicio, **Seymore KD et al.**⁽²⁴⁾ no encontraron cambios significativos en el torque excéntrico máximo, ni diferencias significativas entre el grupo intervención y el grupo control. Sin embargo, hubo un aumento significativo en el ángulo de la rodilla en el que tuvo lugar el torque excéntrico máximo, aunque sin diferencias significativas entre ambos grupos.

4.3. Arquitectura de los isquiotibiales

En cuanto a las adaptaciones en la arquitectura muscular de los isquiotibiales, existe una amplia variabilidad entre los resultados de los diferentes estudios analizados.

En el estudio de **Bourne MN et al.**⁽¹⁹⁾, se observó un aumento en la longitud de los fascículos de la porción larga del bíceps femoral tras las 10 semanas de duración del programa de intervención. Además, después de este tiempo, tanto el volumen muscular como el área de sección transversal de la porción corta del bíceps femoral y del semitendinoso aumentaron significativamente en el grupo intervención que llevó a cabo el NHE.

En contraste, **Seymore KD et al.**⁽²⁴⁾ encontraron, mediante el uso de ecografía, que tanto la longitud como el ángulo de peneación de los fascículos de la porción larga del bíceps femoral permanecieron sin cambios significativos. En este estudio, el volumen muscular y el área de sección transversal de la misma porción de este músculo aumentaron significativamente en los sujetos del grupo intervención, pero no en los del grupo control, aunque no hubo diferencias significativas entre ambos grupos.

Por su parte, **Lovell R et al.**⁽¹⁸⁾ observaron, también por medio de ecografía, que tanto el grosor muscular y el ángulo de peneación como la longitud de los fascículos del bíceps femoral aumentaron en los distintos grupos intervención en comparación con el grupo control.

Finalmente, en otro estudio de **Bourne MN et al.**⁽²⁵⁾ realizado también en deportistas de categoría recreativa, los resultados mostraron que el área de sección transversal de los músculos isquiotibiales previamente lesionados no sufrió cambios significativos antes de la realización de un protocolo de intervención de NHE.

4.4. Activación de los isquiotibiales

Con respecto a los patrones de activación de la musculatura isquiotibial, son muchos los estudios que investigan esta variable durante la realización del ejercicio nórdico.

Fernandez-Gonzalo R et al.⁽²⁶⁾ estudiaron la activación de los diferentes músculos isquiotibiales por medio de la imagen por resonancia magnética (IRM) en jugadores de fútbol profesional. Los autores de este estudio observaron que los jugadores del grupo intervención que realizaron el NHE, experimentaron mayores aumentos del tiempo de relajación transversal (T_2) en la porción corta del bíceps femoral y el semitendinoso, en comparación con la porción larga del bíceps femoral y el semimembranoso. En el estudio que realizaron **Bourne MN et al.**⁽²⁵⁾, la imagen por resonancia magnética reveló aumentos significativamente mayores en el tiempo de relajación transversal (T_2) del semitendinoso frente a la porción larga y la porción corta del bíceps femoral y el semimembranoso. Además, los autores de este estudio demostraron que los músculos isquiotibiales previamente lesionados presentaron aumentos significativamente menores del tiempo de relajación transversal (T_2).

Lovell R et al.⁽¹⁸⁾ comprobaron mediante electromiografía (EMG) que, tanto la actividad del bíceps femoral como la del semitendinoso y el semimembranoso, aumentó a lo largo del rango de movimiento en los distintos grupos intervención en comparación con el grupo control. De acuerdo con estos hallazgos, en el estudio de **Marshall PWM et al.**⁽²⁷⁾ realizado en futbolistas amateur, la EMG mostró un aumento en la actividad del bíceps femoral, del semitendinoso y del semimembranoso en la primera mitad del rango de movimiento durante la fase descendente (excéntrica) del NHE; mientras que durante la fase ascendente (concéntrica) del ejercicio, el bíceps femoral, pero no el semitendinoso ni el semimembranoso exhibió una disminución de la actividad en los dos primeros tercios del rango de movimiento.

Por último, en el estudio de **Iga J et al.**⁽²³⁾ los isquiotibiales experimentaron un aumento significativo de la activación en los dos últimos tercios del rango de movimiento durante la fase descendente del NHE, es decir, en posiciones de mayor extensión de rodilla.

4.5. Gravedad de las lesiones

En lo que respecta a la gravedad de las lesiones de los isquiotibiales, los resultados no son muy concluyentes y difieren entre los distintos estudios.

Por una parte, **Elerian AE et al.**⁽²⁰⁾ aseguran que tras la realización del protocolo de intervención, la gravedad de las lesiones de la musculatura isquiotibial fue significativamente menor en los dos grupos intervención del estudio en comparación con el grupo control. Por otro lado, en el estudio que realizaron **Petersen J et al.**⁽²¹⁾, la gravedad resultó ser menor en el grupo control que en el grupo que llevó a cabo la intervención de NHE, aunque esta diferencia no fue significativa. Además, **van der Horst N et al.**⁽²²⁾ concluyeron que después del protocolo de NHE, la gravedad de las lesiones de estos músculos no experimentó cambios significativos y que no hubo diferencias significativas entre los grupos del estudio.

4.6. Fatiga muscular

La fatiga provocada por el ejercicio nórdico de isquiotibiales es una variable muy poco estudiada por los diferentes autores, ya que solo se encontró un estudio que incluyó el análisis de la fatiga muscular en su investigación.

En el estudio de **Marshall PWM et al.**⁽²⁷⁾, el nivel de fatiga originada durante el NHE se midió en base a los cambios en el torque excéntrico y el torque concéntrico a lo largo de la fase descendente y la fase ascendente del ejercicio, respectivamente. Los resultados mostraron un aumento de la fatiga muscular de los isquiotibiales a través del NHE, evidenciado por una reducción tanto en el torque excéntrico como en el torque concéntrico de estos músculos a lo largo del rango de movimiento y después de una única serie del ejercicio.

4.7. Momento clave para llevar a cabo la intervención

Hay varios estudios que han intentado determinar el momento ideal para entrenar el NHE. Existen ciertas diferencias entre realizar el ejercicio antes del entrenamiento, después del entrenamiento o en ambos casos en cuanto a la efectividad del mismo.

En el estudio de **Elerian AE et al.**⁽²⁰⁾, aunque la incidencia de lesiones nuevas y recidivantes de los isquiotibiales en los dos grupos intervención fue significativamente menor que en el grupo control, se puede observar una diferencia entre el grupo que realizó la intervención de NHE antes y después del entrenamiento y el grupo que la llevó a cabo antes del mismo solamente. En el primero, el porcentaje de lesiones nuevas y recidivantes se redujo en un 92% y un 100%, respectivamente; mientras que en el segundo, el porcentaje de estas lesiones fue un 80% y un 85% menor, respectivamente.

Por otra parte, en el estudio de **Lovell R et al.**⁽¹⁸⁾, a pesar de que la fuerza excéntrica de los isquiotibiales aumentó en los dos grupos intervención en comparación con el grupo control, existen algunas diferencias en el resto de variables medidas en el estudio entre ambos grupos intervención. Tanto la actividad del bíceps femoral como la longitud de los fascículos de este mismo músculo aumentaron más en el grupo que completó el protocolo de intervención antes del entrenamiento que en el grupo que lo llevó a cabo después de este. Por otro lado, la actividad del semitendinoso y del semimembranoso aumentó por igual en los dos grupos de intervención. Por último, el grosor muscular y el ángulo de peneación de los fascículos del bíceps femoral aumentaron más en el grupo que realizó el ejercicio después del entrenamiento en comparación con el grupo que lo realizó antes del mismo.

Tabla 4. Resumen de los resultados de los artículos seleccionados para la revisión.

AUTOR ET AL. (AÑO)	SUJETOS	GRUPOS	VARIABLES MEDIDAS	INTERVENCIÓN	RESULTADOS
Elerian AE et al. (2019)	n = 34	-Grupo int 1 (n = 17) -Grupo int 2 (n = 17) -Grupo ctrl (n = 34; mismos sujetos temporada anterior)	-Incidencia lesiones nuevas y recidivantes -Gravedad lesiones	-12 semanas -50 sesiones/25 sesiones -Grupo int 1: calentamiento + NHE pre y post entrenamiento + recuperación activa y enfriamiento. -Grupo int 2: calentamiento + NHE pre entrenamiento + recuperación activa y enfriamiento. -Grupo ctrl: no intervención.	-Incidencia lesiones nuevas y recidivantes sig. menor ambos grupos int vs grupo ctrl. -Lesiones nuevas: grupo int 1: 92% menos; grupo int 2: 80% menos. -Lesiones recidivantes: grupo int 1: 100% menos; grupo int 2: 85% menos. -Gravedad lesiones sig. menor ambos grupos int vs grupo ctrl.
Marshall PWM et al. (2015)	n = 10	-Sin grupos; grupo int (n = 10)	-Fatiga isquiotibiales -Activación isquiotibiales (BF, ST y SM)	-1 sesión -6 series/5 repeticiones NHE.	-Aumento fatiga durante NHE: reducción torque exc. (fase desc.) y torque con. (fase asc.) a lo largo del rango de mov. desp. de 1 única serie. -Aumento actividad BF, ST y SM 1ª mitad del rango de mov. fase desc. NHE. -Disminución actividad BF, pero no ST ni SM 2 primeros tercios del rango de mov. fase asc. NHE.
Lovell R et al. (2018)	n = 42	-Grupo int ant. (n = 14) -Grupo int desp. (n = 16) -Grupo ctrl (n = 12)	-Fuerza exc. isquiotibiales (BF, ST y SM) -Actividad muscular isquiotibiales (BF, ST y SM) -Adaptaciones arquitectura isquiotibiales (BF)	-12 semanas -23 sesiones -Grupo int ant.: calentamiento + NHE antes del entrenamiento. -Grupo int desp.: calentamiento + NHE después del entrenamiento.	-Aumento fuerza exc.: aumento torque exc. ambos grupos int vs grupo ctrl, sin diferencias entre ambos grupos int; ángulo de rodilla en el que tiene lugar el torque exc. máx. sin cambios, ni diferencias entre grupos. -Aumento actividad BF a lo largo del rango de mov. ambos grupos int vs grupo ctrl, mayor aumento grupo int ant. vs grupo int desp.

				-Grupo ctrl: ejercicios estabilidad core antes o después del entrenamiento.	-Aumento actividad ST y SM a lo largo del rango de mov. ambos grupos int vs grupo ctrl, sin diferencias entre ambos grupos int. -Aumento grosor muscular y ángulo de peneación fascículos BF grupo int desp. vs grupo int ant. y grupo ctrl. -Aumento longitud fascículos BF grupo int ant. vs grupo int desp. y grupo ctrl.
Bourne MN et al. (2017)	n = 30	-Grupo int NHE (n = 10) -Grupo int HE (n = 10) -Grupo ctrl (n = 10)	-Adaptaciones arquitectura BFlh -Adaptaciones morfología isquiotibiales (BFlh, BFsh, ST y SM) -Fuerza exc. isquiotibiales -Dolor percibido	-10 semanas -20 sesiones -Grupo int NHE: NHE. -Grupo int HE: ejercicio de 45° de ext. de cadera (HE). -Grupo ctrl: no intervención.	-Aumento longitud fascículos BFlh ambos grupos int vs grupo ctrl, sin diferencias sig. entre ambos grupos int. -Aumento volumen muscular BFlh y SM sig. mayor grupo int HE vs grupo int NHE y grupo ctrl. Aumento volumen muscular BFsh y ST sig. mayor grupo int NHE vs grupo int HE y grupo ctrl. -Aumento área de sección transversal BFlh y SM sig. mayor grupo int HE vs grupo int NHE y grupo ctrl. Aumento área de sección transversal BFsh y ST sig. mayor grupo int NHE vs grupo int HE y grupo ctrl. -Aumento fuerza exc. ambos grupos int vs grupo ctrl, sin diferencias entre ambos grupos int. -Percepción del dolor sin efectos sig. ambos grupos int.
Fernandez-Gonzalo R et al. (2016)	n = 36	-Grupo int NHE (n = 9) -Grupo int FLC (n = 9) -Grupo int RB (n = 9) -Grupo int CP (n = 9)	-Activación isquiotibiales (BFlh, BFsh, ST y SM), GR y VI	-1 sesión -4 series/8 repeticiones cada ejercicio. -Grupo int NHE: calentamiento + NHE. -Grupo int FLC: calentamiento + FLC. -Grupo int RB: calentamiento + RB.	-Grupo int NHE: mayores aumentos T ₂ BFsh, ST y GR vs BFlh, SM y VI. -Grupo int FLC: mayores aumentos T ₂ BFlh, BFsh, ST y GR vs SM y VI. -Grupo int RB: mayores aumentos T ₂ BFlh, ST, SM y GR vs BFsh y VI. -Grupo int CP: mayores aumentos T ₂ BFlh, ST y GR vs BFsh, SM y VI.

				-Grupo int CP: calentamiento + CP.	
Bourne MN et al. (2016)	n = 10	-Sin grupos; grupo int (n = 10)	-Patrones espaciales activación isquiotibiales (BFIh, BFsh, ST y SM) -Déficits activación isquiotibiales previamente lesionados (BFIh, BFsh, ST y SM) -Reducciones área de sección transversal isquiotibiales previamente lesionados (BFIh, BFsh, ST y SM)	-1 sesión -6 series/10 repeticiones NHE.	-Aumentos sig. mayores T ₂ ST vs BFIh, BFsh y SM. -Aumentos sig. menores T ₂ isquiotibiales previamente lesionados. -Área de sección transversal isquiotibiales previamente lesionados sin diferencias sig.
Iga J et al. (2012)	n = 18	-Grupo int (n = 10) -Grupo ctrl (n = 8)	-Activación isquiotibiales (BF, ST y SM) -Fuerza exc. isquiotibiales	-4 semanas -9 sesiones -Grupo int: calentamiento + NHE al principio del entrenamiento. -Grupo ctrl: no intervención.	-Aumento sig. activación isquiotibiales 2 últimos tercios del rango de mov. (posiciones de mayor ext. de rodilla). -Aumento sig. fuerza exc. isquiotibiales: aumento sig. torque exc. máx. grupo int vs grupo ctrl en diferentes velocidades de evaluación; ángulo de rodilla en el que tiene lugar el torque exc. máx. sin cambios sig., ni diferencias sig. entre grupos.
Petersen J et al. (2011)	n = 942	-Grupo int (n = 461) -Grupo ctrl (n = 481)	-Incidencia lesiones nuevas y recidivantes -Gravedad lesiones	-10 semanas -27 sesiones -Grupo int: calentamiento + NHE durante el entrenamiento. -Grupo ctrl: no intervención.	-Incidencia lesiones nuevas y recidivantes sig. menor grupo int vs grupo ctrl. -Lesiones nuevas: +60% menos. -Lesiones recidivantes: 85% menos. -Gravedad lesiones menor grupo ctrl vs grupo int (diferencia no sig.).
Seymore KD et al. (2017)	n = 20	-Grupo int (n = 10) -Grupo ctrl (n = 10)	-Adaptaciones arquitectura isquiotibiales (BFIh) -Adaptaciones rigidez muscular isquiotibiales (BFIh)	-6 semanas -15 sesiones -Grupo int: calentamiento + estiramientos + NHE + estiramientos.	-Longitud y ángulo de peneación fascículos BFIh sin cambios sig. -Aumento sig. volumen muscular y área de sección transversal BFIh grupo int, pero no grupo ctrl, sin diferencias sig. entre ambos grupos.

			-Fuerza exc. isquiotibiales	-Grupo ctrl: calentamiento + estiramientos.	-Rigidez muscular sin cambios sig., pero sig. menor grupo int vs grupo ctrl. -Fuerza exc. sin cambios sig.: torque exc. máx. sin cambios sig., ni diferencias sig. entre grupos; aumento sig. ángulo de rodilla en el que tiene lugar el torque exc. máx., sin diferencias sig. entre ambos grupos.
van der Horst N et al. (2015)	n = 579	-Grupo int (n = 292) -Grupo ctrl (n = 287)	-Incidencia lesiones nuevas -Gravedad lesiones	-13 semanas -25 sesiones -Grupo int: calentamiento + NHE después del entrenamiento + enfriamiento. -Grupo ctrl: no intervención.	-Incidencia lesiones nuevas sig. menor grupo int vs grupo ctrl. -Gravedad lesiones sin cambios sig., ni diferencias sig. entre ambos grupos.

Leyenda: **Grupo int:** grupo intervención; **Grupo ctrl:** grupo control; **NHE:** Nordic Hamstring Exercise; **BF:** Bíceps Femoral; **BF_l:** porción larga del Bíceps Femoral; **BF_{sh}:** porción corta del Bíceps Femoral; **ST:** Semitendinoso; **SM:** Semimembranoso; **GR:** Grácil; **VI:** Vasto Intermedio; **Sig.:** significativo/significativamente; **Exc.:** excéntrico/a; **Máx.:** máximo; **Fase asc.:** fase ascendente; **Fase desc.:** fase descendente; **Mov.:** movimiento; **Ant.:** antes; **Desp.:** después; **HE:** Hip Extension; **VS:** versus; **Ext.:** extensión; **FLC:** Flywheel Leg Curl; **RB:** Russian Belt; **CP:** Conic-Pulley; **T₂:** Tiempo de relajación transversal.

5. DISCUSIÓN

Las lesiones de los músculos isquiotibiales son muy comunes en el deporte, siendo las lesiones musculares de mayor prevalencia en las extremidades inferiores⁽²⁸⁾. Este hecho justifica la necesidad de implementar diferentes programas de prevención adecuados, con el fin de reducir la elevada tasa de lesiones de esta musculatura, así como los numerosos factores de riesgo de las mismas.

El ejercicio nórdico de isquiotibiales ha demostrado ser realmente efectivo en la prevención de lesiones de dichos músculos. Sin embargo, el mecanismo por el cual se explican las propiedades preventivas de este ejercicio se desconoce en gran medida⁽²⁴⁾.

El cumplimiento o la adherencia al protocolo de intervención es un factor clave para garantizar la efectividad del mismo; cuanto mayor sea el cumplimiento, mayor será su efectividad⁽²⁹⁾.

Es necesario investigar más y realizar más estudios con una mayor población y una metodología adecuada para concretar los efectos beneficiosos de este ejercicio.

5.1. Incidencia de las lesiones

El registro de la incidencia de las lesiones nuevas y recidivantes de los músculos isquiotibiales resulta fundamental a la hora de determinar la efectividad de un ejercicio de resistencia, como es el ejercicio nórdico o "NHE", en cuanto a la prevención de dichas lesiones. En la mayoría de los estudios, esta variable se expresa en números absolutos y/o en forma de tasa de incidencia de lesiones (relación entre el número de lesiones y el tiempo total de exposición de los sujetos). Los tres estudios incluidos en la revisión que investigan la incidencia de las lesiones de esta musculatura emplearon distintos formularios de registro de las mismas. En estos tres estudios, los resultados mostraron mejoras significativas en la incidencia de estas lesiones en los sujetos del grupo intervención después del protocolo de ejercicio.

En el estudio de **Elerian AE et al.**⁽²⁰⁾, el elevado cumplimiento del programa de intervención por parte de los participantes puede justificar estos resultados, ya que

después de finalizar el estudio, la tasa total de cumplimiento fue del 99,3%; la más alta que se haya logrado hasta ahora en estudios de este tipo.

Por otro lado, tanto en el estudio de **Petersen J et al.**⁽²¹⁾ como en el de **van der Horst N et al.**⁽²²⁾, una de las características más importantes fue la inclusión de un elevado número de participantes, con 942 y 579, respectivamente; lo que se puede considerar una fortaleza en ambos estudios. Además, el cumplimiento de la intervención en los dos casos fue muy alto.

Se puede concluir que el ejercicio nórdico de isquiotibiales es una medida efectiva en la prevención de lesiones de estos músculos, en especial de las lesiones recidivantes. En los tres estudios, la duración del protocolo de intervención fue suficiente como para percibir los efectos preventivos del ejercicio.

5.2. Fuerza excéntrica

El estudio de los cambios en la fuerza excéntrica de los isquiotibiales provocados como consecuencia del ejercicio nórdico resulta primordial en la valoración de la efectividad del mismo. Estos cambios vienen mediados por variaciones del torque excéntrico de estos músculos y del ángulo de la rodilla en el que tiene lugar dicho torque. Por lo general, en la mayoría de los estudios la fuerza se mide mediante dinamometría.

En los estudios de **Lovell R et al.**⁽¹⁸⁾, **Iga J et al.**⁽²³⁾ y **Bourne MN et al.**⁽¹⁹⁾ la fuerza excéntrica de los isquiotibiales aumentó significativamente en el/los grupo/s intervención respecto al grupo control como resultado de un aumento del torque excéntrico de estos músculos. En el caso del estudio de **Iga J et al.**⁽²³⁾, la fuerza se midió en diferentes velocidades de evaluación. Los resultados de este estudio mostraron que el aumento del torque excéntrico de los isquiotibiales fue independiente de la velocidad de ejecución del ejercicio, lo que significa que esta adaptación se puede observar en movimientos de alta velocidad. Este hecho tiene una notable implicación en la prevención de lesiones ya que, como se ha explicado anteriormente, muchas de estas lesiones ocurren durante acciones de gran velocidad.

Por otra parte, tanto en el estudio de **Lovell R et al.**⁽¹⁸⁾ como en el de **Iga J et al.**⁽²³⁾ no se observaron cambios significativos en el ángulo de la rodilla en el que tuvo lugar el

torque excéntrico máximo. Este hallazgo puede deberse a que el NHE es un ejercicio que domina sobre el movimiento de la articulación de la rodilla, por lo que al no ejercitar los isquiotibiales en las posiciones de mayor longitud muscular debido a la posición neutra de la articulación de la cadera durante la realización del ejercicio, es probable que no se produzca esta adaptación⁽³⁰⁾.

Por el contrario, en el estudio de **Seymore KD et al.**⁽²⁴⁾ no se observaron cambios significativos en el torque excéntrico de los isquiotibiales, aunque el ángulo de la rodilla en el que se produjo el torque excéntrico máximo aumentó significativamente. Estos resultados podrían ser debidos a la falta de adaptación de alguna de las características arquitectónicas de los isquiotibiales con el ejercicio.

En cualquier caso, se necesitan más estudios para sacar conclusiones acerca de los efectos que el ejercicio nórdico de isquiotibiales provoca en la fuerza excéntrica de estos músculos.

5.3. Arquitectura de los isquiotibiales

Las adaptaciones en la arquitectura de los isquiotibiales como consecuencia del ejercicio nórdico son fundamentales para garantizar los efectos beneficiosos de este ejercicio en la prevención de lesiones.

En cuanto a la adaptación en la longitud de los fascículos de los isquiotibiales, los aumentos observados tanto en el estudio de **Bourne MN et al.**⁽¹⁹⁾ como en el de **Lovell R et al.**⁽¹⁸⁾ respecto a la longitud de los fascículos del bíceps femoral, sugieren que el alargamiento de los fascículos de este músculo podría ser uno de los mecanismos por los cuales el NHE previene las lesiones de esta musculatura; ya que una menor longitud de los fascículos aumenta considerablemente la probabilidad de sufrir dichas lesiones⁽³¹⁾, como se ha mencionado previamente.

En contraste, la falta de adaptación en la longitud de los fascículos del bíceps femoral observada en el estudio de **Seymore KD et al.**⁽²⁴⁾ pudo deberse, como se ha comentado en el apartado anterior, al hecho de que el ejercicio nórdico es un ejercicio dominante de rodilla que, al no involucrar el movimiento sobre la articulación de la cadera, es probable que no genere el estímulo necesario para que se produzca esta adaptación; debido a la sollicitación de los isquiotibiales en posiciones de menor longitud muscular durante el ejercicio⁽³⁰⁾.

Por último, los aumentos en el volumen muscular y en el área de sección transversal de los isquiotibiales observados en los estudios de **Bourne MN et al.**⁽¹⁹⁾, **Seymore KD et al.**⁽²⁴⁾ y **Lovell R et al.**⁽¹⁸⁾, sugieren que el NHE es capaz de provocar la hipertrofia de estos músculos después de realizar un correcto protocolo de intervención.

5.4. Activación de los isquiotibiales

Conocer los patrones de activación de los isquiotibiales durante el ejercicio nórdico es importante para saber en qué medida involucra este ejercicio dichos músculos.

Los resultados obtenidos en los estudios de **Fernandez-Gonzalo R et al.**⁽²⁶⁾ y **Bourne MN et al.**⁽²⁵⁾ muestran que el NHE provoca mayores aumentos en la actividad del semitendinoso y de la porción corta del bíceps femoral en comparación con el resto de músculos isquiotibiales. Este hallazgo sugiere que dicho ejercicio puede no ser el más indicado en la prevención de lesiones de la porción larga del bíceps femoral que, como se ha visto anteriormente, es el músculo más comúnmente lesionado.

Por otra parte, el aumento en la activación de los isquiotibiales a lo largo de los dos últimos tercios del rango de movimiento durante la fase descendente del NHE observado en el estudio de **Iga J et al.**⁽²³⁾, evidencia que este ejercicio es capaz de ejercitar dichos músculos en posiciones de mayor extensión de rodilla, es decir, posiciones con una longitud muscular superior en las que el riesgo de sufrir lesiones aumenta considerablemente. La elevada activación de los isquiotibiales al final del rango de movimiento podría deberse a una mayor exigencia de los mismos para generar suficiente torque, con el fin de frenar la caída de la parte superior del cuerpo durante la realización del ejercicio; compensando la desventaja mecánica de los isquiotibiales en las posiciones de mayor extensión de rodilla. Este hecho es fundamental de cara a generar una adaptación de los isquiotibiales en posiciones potencialmente perjudiciales, incrementando la capacidad de prevenir las lesiones de estos músculos.

Por otro lado, los déficits en la activación de los isquiotibiales previamente lesionados que fueron registrados en el estudio de **Bourne MN et al.**⁽²⁵⁾, pueden explicarse por la inhibición neuromuscular que sufren estos músculos después de una lesión⁽³²⁾.

5.5. Gravedad de las lesiones

En la mayoría de los estudios, la gravedad de las lesiones de los isquiotibiales se mide en base al número de días transcurridos desde la fecha de la lesión hasta el regreso íntegro a la actividad deportiva.

Las diferencias en los resultados en cuanto a la gravedad de las lesiones entre los diferentes estudios pudieron deberse, entre otras razones, a que en el estudio de **Elerian AE et al.**⁽²⁰⁾ los sujetos realizaron un mayor número de sesiones del protocolo de intervención en comparación con los estudios de **Petersen J et al.**⁽²¹⁾ y **van der Horst N et al.**⁽²²⁾.

Es necesario seguir investigando para determinar cómo influye el NHE en la gravedad de las lesiones de la musculatura isquiotibial.

5.6. Fatiga muscular

Como se ha comentado anteriormente, los estudios acerca de la fatiga provocada como consecuencia del ejercicio nórdico son muy escasos.

El NHE es un ejercicio que exige una alta demanda de los isquiotibiales a lo largo del rango de movimiento. Los hallazgos del estudio de **Marshall PWM et al.**⁽²⁷⁾ sugieren que este ejercicio genera una fatiga considerable de dichos músculos incluso después de una única serie del mismo y a pesar de emplear exclusivamente el propio peso corporal. Este hecho debería tenerse en cuenta a la hora de programar un protocolo de intervención con este ejercicio.

5.7. Momento clave para llevar a cabo la intervención

El momento óptimo para la realización del NHE sigue siendo muy controvertido. La programación del ejercicio nórdico puede estar determinada por innumerables factores, incluyendo el cumplimiento o la adherencia al protocolo de intervención, las adaptaciones en la arquitectura muscular de los isquiotibiales, el volumen de entrenamiento y la fatiga, entre otros muchos.

De acuerdo con los hallazgos observados en los estudios de **Elerian AE et al.**⁽²⁰⁾ y **Lovell R et al.**⁽¹⁸⁾, se puede concluir que el mejor momento para llevar a cabo un programa de intervención basado en el ejercicio nórdico de isquiotibiales parece ser tanto al principio como al final del entrenamiento deportivo; aunque la programación

de este ejercicio va a depender de los objetivos que se quieran alcanzar, así como de los efectos que se pretendan conseguir con el mismo.

5.8. Limitaciones del trabajo

Una de las principales limitaciones de este trabajo ha sido el reducido número de sujetos a estudio de gran parte de los artículos incluidos para su realización.

Además, la ausencia de un grupo de control con el que comparar los resultados del grupo/s de intervención en algunos de ellos, también se considera otra limitación importante.

Por último, la falta de enmascaramiento o cegamiento de los participantes involucrados en muchos de estos estudios constituye una limitación significativa de este trabajo.

6. CONCLUSIONES

1. La realización de un protocolo de intervención de NHE reduce significativamente la incidencia de lesiones nuevas y recidivantes de los isquiotibiales en deportistas.
2. La fuerza excéntrica de los isquiotibiales aumenta significativamente después de completar un programa de intervención de NHE. Este ejercicio incrementa de manera significativa el torque excéntrico de dichos músculos; sin embargo, no hay evidencia suficiente para afirmar que provoque cambios significativos en el ángulo de la rodilla en el que tiene lugar el torque excéntrico máximo.
3. El NHE genera modificaciones en la arquitectura muscular de los isquiotibiales, pero es necesario seguir investigando para determinar qué características arquitectónicas experimentan adaptaciones con este ejercicio y en qué medida.
4. El ejercicio nórdico de isquiotibiales provoca una mayor activación del semitendinoso y de la porción corta del bíceps femoral en comparación con el resto de estos músculos. Además, este aumento en la activación de los isquiotibiales se origina mayoritariamente en los dos últimos tercios del rango de movimiento durante la fase descendente del ejercicio.
5. Se necesita una mayor evidencia para sacar conclusiones acerca de los efectos del NHE en la gravedad de las lesiones de los isquiotibiales, debido a la heterogeneidad de los resultados entre los diferentes estudios.
6. El NHE ha demostrado ser un ejercicio verdaderamente fatigante, incluso después de una única serie del mismo. Son necesarios más estudios que confirmen este hallazgo.
7. El momento clave para llevar a cabo una intervención basada en el ejercicio nórdico de isquiotibiales se sitúa tanto al principio como al final del entrenamiento deportivo, desde la perspectiva de la efectividad de este ejercicio.

7. PROPUESTA DE INTERVENCIÓN

7.1. Introducción

Las lesiones por distensión o desgarro de los músculos isquiotibiales son muy comunes en el deporte. Una de las características más importantes de este tipo de lesiones es la elevada tasa de recurrencia de las mismas, la cual se sitúa entre el 12% y el 33% aproximadamente^(2,8).

Por otro lado, las causas de estas lesiones son diversas y multifactoriales; por lo tanto, identificar los factores de riesgo que predisponen a sufrir dichas lesiones resulta fundamental^(10,14).

Todo ello plantea la necesidad de llevar a cabo una estrategia de prevención adecuada para abordar este tipo de lesiones.

El entrenamiento excéntrico se ha propuesto como una medida efectiva para este fin^(2,6). El ejercicio nórdico de isquiotibiales, en concreto, es uno de los ejercicios con mayor evidencia y más comúnmente empleado en la literatura científica⁽¹⁷⁾.

A pesar de esto, la gran mayoría de los estudios que investigan la efectividad de este ejercicio se centran en tratar de explicar solo alguna de las variables relacionadas con el mismo; ignorando, por tanto, cierta información esencial acerca de sus beneficios. Es por ello que resulta preciso diseñar una propuesta de intervención que tenga en cuenta y que incluya diferentes variables de estudio para conocer mejor los efectos preventivos de dicho ejercicio.

7.2. Objetivos

7.2.1. Objetivo principal

El objetivo principal de la propuesta es elaborar un programa de entrenamiento basado en el ejercicio nórdico de isquiotibiales para prevenir las lesiones nuevas y recidivantes de esta musculatura en deportistas.

7.2.2. Objetivos secundarios o específicos

- Aumentar la fuerza muscular de los isquiotibiales.
- Mejorar las características arquitectónicas de estos músculos.
- Disminuir la gravedad de las lesiones de esta musculatura.
- Reducir el nivel de fatiga de los isquiotibiales con el ejercicio.

7.3. Criterios de elegibilidad

7.3.1. Criterios de inclusión

- Sexo masculino.
- Edad entre 18-35 años.
- Población sana.
- Deportistas (categoría amateur y profesional).
- Sin lesiones de los isquiotibiales en los últimos 6 meses.

7.3.2. Criterios de exclusión

- Sexo femenino.
- Población sedentaria.
- Con lesiones de los isquiotibiales en el momento de la intervención.
- Cirugía en los miembros inferiores durante el último año.
- Presencia de enfermedades relevantes (patología cardiovascular, neurológica, etc.).
- Participación en otro programa de entrenamiento de las extremidades inferiores.

7.4. Valoración

El programa de intervención tendrá una duración total de 10 semanas. Las variables a medir serán: la incidencia de lesiones nuevas y recidivantes, la fuerza muscular de los isquiotibiales, las características arquitectónicas de estos músculos, la gravedad de las lesiones y la fatiga muscular con el ejercicio.

7.4.1. Incidencia de las lesiones^(20–22)

La incidencia de las lesiones nuevas y recidivantes de la musculatura isquiotibial se medirá a lo largo de 6 meses después de finalizar la intervención.

Esta variable se expresará en números absolutos. Los datos serán recogidos en un formulario de registro de lesiones estandarizado en el que se incluirá información sobre el tipo, la localización y la duración de dichas lesiones, así como las circunstancias en las que tengan lugar las mismas.

7.4.2. Fuerza muscular^(18,19,23,24)

La fuerza muscular de los isquiotibiales se medirá antes, durante (semana 5) y después de llevar a cabo la intervención.

Esta variable será medida bilateralmente y se expresará en Newtons (N). Para ello, se utilizará un dinamómetro convencional, ya que resulta mucho más económico que un dinamómetro isocinético.

El sujeto se colocará en decúbito prono con un cojín debajo de los tobillos/pies, de tal manera que los isquiotibiales queden en una posición de unos 15° de flexión de la articulación de la rodilla, aproximadamente. El dinamómetro se situará a la altura del calcáneo y el sujeto realizará 3 contracciones isométricas máximas de 3 segundos cada una, con cada pierna y con un breve descanso entre cada contracción. Se registrarán los valores más altos de entre las 3 contracciones.

7.4.3. Arquitectura de los isquiotibiales^(18,19,24,25)

En lo que respecta a las características de la arquitectura de los isquiotibiales, las variables que se medirán serán: la longitud y el ángulo de peneación de los fascículos, así como el volumen muscular y el área de sección transversal del bíceps femoral (porción larga y corta), del semitendinoso y del semimembranoso. Estas mediciones se realizarán bilateralmente y se llevarán a cabo antes, durante (semana 5) y después de completar el programa de intervención.

Para ello, se hará uso de la ecografía, puesto que es una herramienta mucho más asequible que la resonancia magnética. La exploración se realizará con el sujeto colocado en decúbito prono.

7.4.4. Gravedad de las lesiones⁽²⁰⁻²²⁾

La gravedad de las lesiones de los músculos isquiotibiales se medirá durante los 6 meses después de concluir el programa de intervención.

Esta variable se expresará en función del número de días transcurridos desde que se produzca la lesión hasta el regreso completo a la actividad deportiva. La gravedad se clasificará en diferentes niveles: ligera (0 días), mínima (1-3 días), leve (4-7 días), moderada (8-28 días) y severa (>28 días).

Para reunir los datos de esta variable, se empleará el mismo formulario de registro de lesiones estandarizado que se utilizará para medir la incidencia de las mismas.

7.4.5. Fatiga muscular⁽²⁷⁾

La fatiga muscular como consecuencia del ejercicio nórdico de isquiotibiales se medirá después de cada sesión de entrenamiento.

Para ello, se utilizará la Escala de Borg modificada, ya que resulta mucho más factible que emplear un dinamómetro isocinético. Esta escala mide el esfuerzo percibido por los sujetos de manera subjetiva mediante una secuencia numérica del 0 al 10; siendo el 0 un nivel mínimo y el 10 un nivel máximo de esfuerzo (Anexo 3).

7.5. Contraindicaciones para continuar con la intervención

- Sujetos que sufran alguna lesión en los isquiotibiales a lo largo del programa de intervención.
- Sujetos que refieran un dolor intenso en la parte posterior del muslo durante la realización del ejercicio nórdico.
- Imposibilidad de los sujetos para cumplir con el calendario de la intervención.

7.6. Programa de intervención

A lo largo de las 10 semanas de duración del programa de intervención, las sesiones de entrenamiento estarán distribuidas de tal forma que los sujetos realicen el ejercicio tanto al principio como al final de las mismas, efectuando dichas sesiones en días alternos.

El programa constará de las siguientes partes: calentamiento, ejercicio nórdico de isquiotibiales y vuelta a la calma.

Cada sesión del programa de intervención tendrá una duración de 45 minutos aproximadamente, llevándose a cabo 1 sesión/día.

7.6.1. Calentamiento (10 minutos aproximadamente)

El calentamiento se realizará al inicio en todas las sesiones de la intervención, independientemente de la programación de las mismas.

Este calentamiento estará compuesto por un ejercicio aeróbico y un ejercicio de acondicionamiento de los músculos isquiotibiales.

En cuanto al ejercicio aeróbico, se realizarán saltos con comba durante 5 minutos, alternando saltos con una, con otra y con ambas piernas (Figura 2).



Figura 2. Saltar a la comba.

Por su parte, el ejercicio de acondicionamiento de los isquiotibiales consistirá en describir un péndulo con las piernas, realizando movimientos sucesivos de flexión y de extensión de la articulación de la cadera con la rodilla extendida. Se trata de un estiramiento dinámico de la región isquiotibial (Figura 3).

Este ejercicio se llevará a cabo en 3 series de 10 repeticiones con cada pierna, dejando un breve descanso entre cada serie.

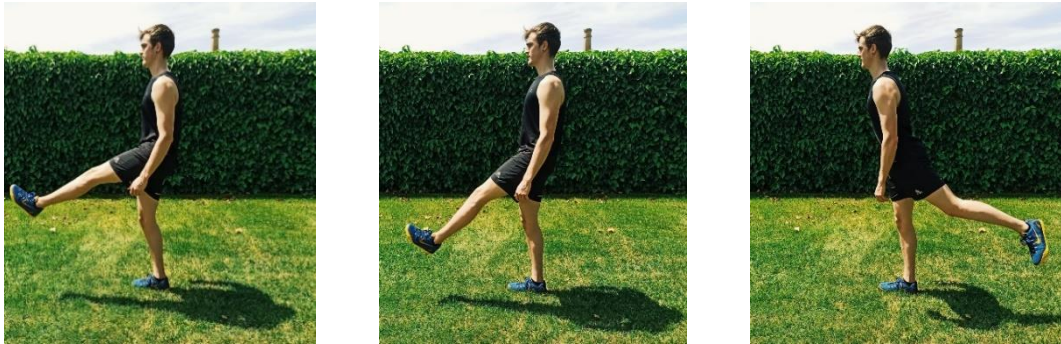


Figura 3. Estiramiento dinámico de los isquiotibiales.

7.6.2. Ejercicio nórdico de isquiotibiales (20 minutos aproximadamente)

El ejercicio nórdico, o curl nórdico, es un ejercicio excéntrico muy comúnmente utilizado para la prevención de lesiones de la musculatura isquiotibial en deportistas.

Este ejercicio comienza con el sujeto de rodillas y el tronco recto y alineado con los miembros inferiores. A continuación, un compañero de entrenamiento se encargará de sujetar los tobillos del deportista aplicando una presión contra el suelo. Posteriormente, el sujeto iniciará el ejercicio dejando caer el tronco hacia delante de forma lenta y controlada hasta contactar con el suelo, maximizando la carga muscular durante la fase excéntrica del ejercicio. Por último, el sujeto regresará a la posición inicial con la ayuda de los miembros superiores, minimizando la carga muscular durante la fase concéntrica del ejercicio (Figura 4).



Figura 4. Ejercicio nórdico de isquiotibiales.

La distribución del volumen de entrenamiento será diferente en función de la programación de las sesiones del protocolo de intervención (Tablas 5 y 6).

Tabla 5. NHE antes del entrenamiento.

Semana	Sesiones	Series	Repeticiones
1	1	2	5
2	2	2	6
3	2	3	5
4	2	3	6
5	2	3	8
6	2	4	6
7	2	4	8
8	3	4	10
9	3	5	8
10	3	5	10

Tabla 6. NHE después del entrenamiento.

Semana	Sesiones	Series	Repeticiones
1	1	1	3
2	2	1	5
3	2	2	3
4	2	2	5
5	2	2	6
6	2	2	8
7	2	2	10
8	3	3	8

9	3	3	10
10	3	3	12

Las sesiones del ejercicio nórdico se realizarán dejando un descanso de 2 minutos entre cada serie.

7.6.3. Vuelta a la calma (15 minutos aproximadamente)

Al igual que el calentamiento, la vuelta a la calma se llevará a cabo al final de todas las sesiones de entrenamiento, independientemente de la programación de las mismas.

Esta parte del programa de intervención consistirá en un ejercicio aeróbico y una serie de estiramientos de la cadena posterior de los miembros inferiores.

El ejercicio aeróbico se realizará por medio de una carrera de recuperación a un ritmo lento (50-65% de la frecuencia cardíaca máxima o FC_{máx}) durante 10 minutos (Figura 5).

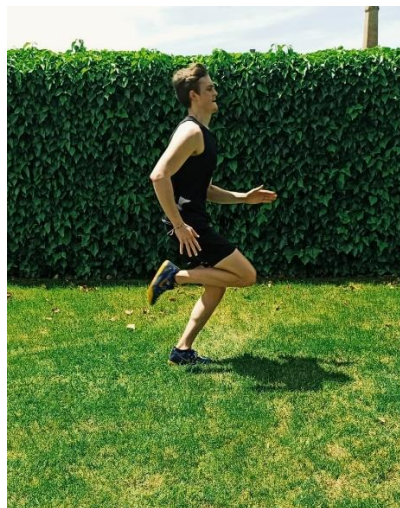


Figura 5. Carrera de recuperación.

Los estiramientos se efectuarán de manera bilateral sobre la siguiente musculatura: glúteos, isquiotibiales, gastrocnemios y sóleo.

Se realizarán 3 estiramientos de cada tipo, manteniéndolos durante 25-30 segundos aproximadamente.

Glúteos

El sujeto se colocará en decúbito supino con una pierna completamente estirada y se llevará la otra pierna al pecho, realizando una flexión de cadera y de rodilla y manteniendo esta posición con la ayuda de ambas manos. Después de realizar este estiramiento, se progresará a partir del mismo agarrando la pierna con el brazo contralateral y llevándola al lado opuesto, de manera que quede cruzada (Figura 6).

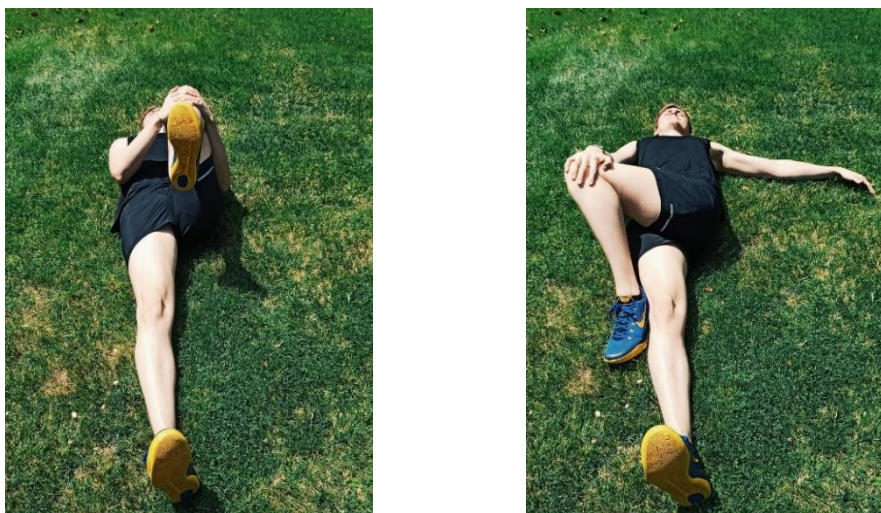


Figura 6. Estiramiento de glúteos.

Isquiotibiales

El sujeto estará colocado en bipedestación con una pierna apoyada sobre un soporte a cierta altura y manteniendo el tronco recto y alineado. Desde esta posición, realizará una anteversión pélvica inclinándose hacia adelante (Figura 7).



Figura 7. Estiramiento de isquiotibiales.

Gastrocnemios y sóleo

El sujeto se pondrá en bipedestación con una pierna adelantada y otra por detrás y apoyándose contra una pared o soporte. Sin despegar los talones del suelo y manteniendo la rodilla de la pierna de atrás en extensión, inclinará el cuerpo hacia adelante realizando una ligera flexión de rodilla de la pierna que queda por delante (Figura 8).



Figura 8. Estiramiento de gastrocnemios y sóleo.

8. AGRADECIMIENTOS

En primer lugar, me gustaría dar las gracias a mi tutora, Cristina Ocón, por la ayuda recibida para la realización de este trabajo a lo largo de todo este tiempo. Asimismo, agradecerle también su disponibilidad, esfuerzo y dedicación, además de sus muchas y valiosas aportaciones y consejos destinados a tal fin.

De igual manera, quisiera expresar mi agradecimiento a Mitxelko Sánchez por el seminario de informática impartido, así como por la revisión y corrección de este trabajo.

Por último, desearía agradecer el apoyo y dedicar esta memoria a las siguientes personas: a mi novia, por su ayuda en la resolución de múltiples dudas y en la edición de las fotos del trabajo, además de por su comprensión y por aguantarme en mis momentos de agobio, estrés y frustración; a mis hermanos, por su colaboración a la hora de realizar tales fotos y, de nuevo, por su asistencia para solucionar diversas cuestiones; a mis compañeros y compañeras de clase; a mis amigos y amigas; y en especial, a mi familia.

9. BIBLIOGRAFÍA

1. Ahmad CS, Redler LH, Ciccotti MG, Maffulli N, Longo UG, Bradley J. Evaluation and management of hamstring injuries. *Am J Sports Med*. 2013;41(12):2933–47.
2. Ernlund L, Vieira L de A. Hamstring injuries: update article. *Rev Bras Ortop (English Ed [Internet]*. 2017;52(4):373–82. Available from: <http://dx.doi.org/10.1016/j.rboe.2017.05.005>
3. Ali K, Leland JM. Hamstring Strains and Tears in the Athlete. *Clin Sports Med [Internet]*. 2012;31(2):263–72. Available from: <http://dx.doi.org/10.1016/j.csm.2011.11.001>
4. Fetzer GB, Fischer DA. Hamstring injuries. *Hip Pelvis Inj Sport Med*. 2012;70(1):181–90.
5. Kellis E, Galanis N, Kapetanios G, Natsis K. Architectural differences between the hamstring muscles. *J Electromyogr Kinesiol [Internet]*. 2012;22(4):520–6. Available from: <http://dx.doi.org/10.1016/j.jelekin.2012.03.012>
6. Guex K, Millet GP. Conceptual framework for strengthening exercises to prevent hamstring strains. *Sport Med*. 2013;43(12):1207–15.
7. Sintes P, Caparrós T. Proposal of a protocol for the primary prevention of hamstring strains in football players. *Apunt Med l'Esport [Internet]*. 2019;54(201):19–26. Available from: <https://doi.org/10.1016/j.apunts.2018.06.001>
8. Erickson LN, Sherry MA. Rehabilitation and return to sport after hamstring strain injury. *J Sport Heal Sci [Internet]*. 2017;6(3):262–70. Available from: <https://doi.org/10.1016/j.jshs.2017.04.001>
9. Chu SK, Rho ME. Hamstring injuries in the athlete: Diagnosis, treatment, and return to play. *Curr Sports Med Rep*. 2016;15(3):184–90.
10. Goldman EF, Jones DE. Interventions for preventing hamstring injuries: A systematic review. *Physiotherapy [Internet]*. 2011;97(2):91–9. Available from:

<http://dx.doi.org/10.1016/j.physio.2010.11.011>

11. van der Made AD, Wieldraaijer T, Kerkhoffs GM, Kleipool RP, Engebretsen L, van Dijk CN, et al. The hamstring muscle complex. *Knee Surgery, Sport Traumatol Arthrosc.* 2015;23(7):2115–22.
12. Kerkhoffs GMMJ, van Es N, Wieldraaijer T, Sierevelt IN, Ekstrand J, van Dijk CN. Diagnosis and prognosis of acute hamstring injuries in athletes. *Knee Surgery, Sport Traumatol Arthrosc.* 2013;21(2):500–9.
13. Lempainen L, Banke IJ, Johansson K, Brucker PU, Sarimo J, Orava S, et al. Clinical principles in the management of hamstring injuries. *Knee Surgery, Sport Traumatol Arthrosc.* 2015;23(8):2449–56.
14. van Beijsterveldt AMC, van de Port IGL, Vereijken AJ, Backx FJG. Risk Factors for Hamstring Injuries in Male Soccer Players: A Systematic Review of Prospective Studies. *Scand J Med Sci Sport.* 2013;23(3):253–62.
15. Freckleton G, Pizzari T. Risk factors for hamstring muscle strain injury in sport: A systematic review and meta-analysis. *Br J Sports Med.* 2013;47(6):351–8.
16. McNeill W. About eccentric exercise. *J Bodyw Mov Ther.* 2015;19(3):553–7.
17. Malliaropoulos N, Mendiguchia J, Pehlivanidis H, Papadopoulou S, Valle X, Malliaras P, et al. Hamstring exercises for track and field athletes: Injury and exercise biomechanics, and possible implications for exercise selection and primary prevention. *Br J Sports Med.* 2012;46(12):846–51.
18. 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 Sport.* 2018;28(2):658–66.
19. 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):469–77.
20. Elerian AE, El-Sayyad MM, Dorgham HAA. Effect of pre-training and post-training Nordic exercise on hamstring injury prevention, recurrence, and

- severity in soccer players. *Ann Rehabil Med*. 2019;43(4):465–73.
21. 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;39(11):2296–303.
 22. van Der Horst N, Smits DW, Petersen J, Goedhart EA, Backx FJG. 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):1316–23.
 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):1000–4.
 24. Seymore KD, Domire ZJ, DeVita P, Rider PM, Kulas AS. The effect of Nordic hamstring strength training on muscle architecture, stiffness, and strength. *Eur J Appl Physiol*. 2017;117(5):943–53.
 25. Bourne MN, Opar DA, Williams MD, Al Najjar A, Shield AJ. Muscle activation patterns in the Nordic hamstring exercise: Impact of prior strain injury. *Scand J Med Sci Sport*. 2016;26(6):666–74.
 26. Fernandez-Gonzalo R, Tesch PA, Linnehan RM, Kreider RB, Di Salvo V, Suarez-Arrones L, et al. Individual Muscle use in Hamstring Exercises by Soccer Players Assessed using Functional MRI. *Int J Sports Med*. 2016;37(7):559–64.
 27. Marshall PWM, 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. 2015;3124–33.
 28. Ekstrand J, Hägglund M, Waldén M. Epidemiology of muscle injuries in professional football (soccer). *Am J Sports Med*. 2011;39(6):1226–32.
 29. Goode AP, Reiman MP, Harris L, DeLisa L, Kauffman A, Beltramo D, et al. Eccentric training for prevention of hamstring injuries may depend on intervention compliance: A systematic review and meta-analysis. *Br J Sports Med*. 2015;49(6):349–56.

30. Guxen K, Degache F, Morisod C, Saily M, Millet GP. Hamstring architectural and functional adaptations following long vs. short muscle length eccentric training. *Front Physiol.* 2016;7(AUG):1–9.
31. 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;50(24):1524–35.
32. Opar DA, Williams MD, Timmins RG, Dear NM, Shield AJ. Knee flexor strength and bicep femoris electromyographical activity is lower in previously strained hamstrings. *J Electromyogr Kinesiol* [Internet]. 2013;23(3):696–703. Available from: <http://dx.doi.org/10.1016/j.jelekin.2012.11.004>

10. ANEXOS

Anexo 1. Escala PEDro.

Escala PEDro-Español

1. Los criterios de elección fueron especificados	no <input type="checkbox"/> si <input type="checkbox"/>	donde:
2. Los sujetos fueron asignados al azar a los grupos (en un estudio cruzado, los sujetos fueron distribuidos aleatoriamente a medida que recibían los tratamientos)	no <input type="checkbox"/> si <input type="checkbox"/>	donde:
3. La asignación fue oculta	no <input type="checkbox"/> si <input type="checkbox"/>	donde:
4. Los grupos fueron similares al inicio en relación a los indicadores de pronóstico más importantes	no <input type="checkbox"/> si <input type="checkbox"/>	donde:
5. Todos los sujetos fueron cegados	no <input type="checkbox"/> si <input type="checkbox"/>	donde:
6. Todos los terapeutas que administraron la terapia fueron cegados	no <input type="checkbox"/> si <input type="checkbox"/>	donde:
7. Todos los evaluadores que midieron al menos un resultado clave fueron cegados	no <input type="checkbox"/> si <input type="checkbox"/>	donde:
8. Las medidas de al menos uno de los resultados clave fueron obtenidas de más del 85% de los sujetos inicialmente asignados a los grupos	no <input type="checkbox"/> si <input type="checkbox"/>	donde:
9. Se presentaron resultados de todos los sujetos que recibieron tratamiento o fueron asignados al grupo control, o cuando esto no pudo ser, los datos para al menos un resultado clave fueron analizados por "intención de tratar"	no <input type="checkbox"/> si <input type="checkbox"/>	donde:
10. Los resultados de comparaciones estadísticas entre grupos fueron informados para al menos un resultado clave	no <input type="checkbox"/> si <input type="checkbox"/>	donde:
11. El estudio proporciona medidas puntuales y de variabilidad para al menos un resultado clave	no <input type="checkbox"/> si <input type="checkbox"/>	donde:

Anexo 2. Escala CASPe.



PROGRAMA DE LECTURA CRÍTICA CASPe
Leyendo críticamente la evidencia clínica

11 preguntas para ayudarte a entender un estudio de cohortes

Comentarios generales

- Hay tres aspectos generales a tener en cuenta cuando se hace lectura crítica de un estudio de Cohortes:

¿Son válidos los resultados del estudio?

¿Cuáles son los resultados?

¿Pueden aplicarse a tu medio?

Las 11 preguntas contenidas en las siguientes páginas están diseñadas para ayudarte a pensar sistemáticamente sobre estos temas.

- Las dos primeras preguntas son “de eliminación” y pueden contestarse rápidamente. Sólo si la respuesta a estas dos preguntas es afirmativa, merece la pena continuar con las restantes.
- Puede haber cierto grado de solapamiento entre algunas de las preguntas.
- En itálica y debajo de las preguntas encontrarás una serie de pistas para contestar a las mismas. Están pensadas para recordarte por qué la pregunta es importante. ¡En los pequeños grupos no suele haber tiempo para responder a todo con detalle!

A/ ¿Son los resultados del estudio válidos?

Preguntas de eliminación

<p>1 ¿El estudio se centra en un tema claramente definido?</p> <p><i>PISTA: Una pregunta se puede definir en términos de</i></p> <ul style="list-style-type: none"> - La población estudiada. - Los factores de riesgo estudiados. - Los resultados "outcomes" considerados. - ¿El estudio intentó detectar un efecto beneficioso o perjudicial? 	<p><input type="checkbox"/> SÍ <input type="checkbox"/> NO SÉ <input type="checkbox"/> NO</p>
<p>2 ¿La cohorte se reclutó de la manera más adecuada?</p> <p><i>PISTA: Se trata de buscar posibles sesgos de selección que puedan comprometer que los hallazgos se puedan generalizar.</i></p> <ul style="list-style-type: none"> - ¿La cohorte es representativa de una población definida? - ¿Hay algo "especial" en la cohorte? - ¿Se incluyó a todos los que deberían haberse incluido en la cohorte? - ¿La exposición se midió de forma precisa con el fin de minimizar posibles sesgos? 	<p><input type="checkbox"/> SÍ <input type="checkbox"/> NO SÉ <input type="checkbox"/> NO</p>

¿Merece la pena continuar?

Preguntas de detalle

3 ¿El resultado se midió de forma precisa con el fin de minimizar posibles sesgos?

SÍ NO SÉ NO

PISTA: Se trata de buscar sesgos de medida o de clasificación:

- *¿Los autores utilizaron variables objetivas o subjetivas?*
- *¿Las medidas reflejan de forma adecuada aquello que se supone que tiene que medir?*
- *¿Se ha establecido un sistema fiable para detectar todos los casos (por ejemplo, para medir los casos de enfermedad)?*
- *¿Se clasificaron a todos los sujetos en el grupo exposición utilizando el mismo tratamiento?*
- *¿Los métodos de medida fueron similares en los diferentes grupos?*
- *¿Eran los sujetos y/o el evaluador de los resultados ciegos a la exposición (si esto no fue así, importa)?*

<p>4 ¿Han tenido en cuenta los autores el potencial efecto de los factores de confusión en el diseño y/o análisis del estudio?</p> <p><i>PISTA: Haz una lista de los factores que consideras importantes</i></p> <ul style="list-style-type: none">- <i>Busca restricciones en el diseño y en las técnicas utilizadas como, por ejemplo, los análisis de modelización, estratificación, regresión o de sensibilidad utilizados para corregir, controlar o justificar los factores de confusión.</i> <p><i>Lista:</i></p>	<p><input type="checkbox"/> SÍ <input type="checkbox"/> NO SÉ <input type="checkbox"/> NO</p>
---	---

<p>5 ¿El seguimiento de los sujetos fue lo suficientemente largo y completo?</p> <p><i>PISTA:</i></p> <ul style="list-style-type: none"> - <i>Los efectos buenos o malos deberían aparecer por ellos mismos.</i> - <i>Los sujetos perdidos durante el seguimiento pueden haber tenido resultados distintos a los disponibles para la evaluación.</i> - <i>En una cohorte abierta o dinámica, ¿hubo algo especial que influyó en el resultado o en la exposición de los sujetos que entraron en la cohorte?</i> 	<p style="text-align: center;"> <input type="checkbox"/> SÍ <input type="checkbox"/> NO SÉ <input type="checkbox"/> NO </p>
<p>B/ ¿Cuáles son los resultados?</p>	
<p>6 ¿Cuáles son los resultados de este estudio?</p> <p><i>PISTA:</i></p> <ul style="list-style-type: none"> - <i>¿Cuáles son los resultados netos?</i> - <i>¿Los autores han dado la tasa o la proporción entre los expuestos/no expuestos?</i> - <i>¿Cómo de fuerte es la relación de asociación entre la exposición y el resultado (RR)?</i> 	
<p>7 ¿Cuál es la precisión de los resultados?</p>	

C/ ¿Son los resultados aplicables a tu medio?

<p>8 ¿Te parecen creíbles los resultados?</p> <p><i>PISTA: ¡Un efecto grande es difícil de ignorar!</i></p> <ul style="list-style-type: none"> - ¿Puede deberse al azar, sesgo o confusión? - ¿El diseño y los métodos de este estudio son lo suficientemente defectuosos para hacer que los resultados sean poco creíbles? <p><i>Considera los criterios de Bradford Hill (por ejemplo, secuencia temporal, gradiente dosis-respuesta, fortaleza de asociación, verosimilitud biológica).</i></p>	<p><input type="checkbox"/> SÍ <input type="checkbox"/> NO SÉ <input type="checkbox"/> NO</p>
<p>9 ¿Los resultados de este estudio coinciden con otra evidencia disponible?</p>	<p><input type="checkbox"/> SÍ <input type="checkbox"/> NO SÉ <input type="checkbox"/> NO</p>
<p>10 ¿Se pueden aplicar los resultados en tu medio?</p> <p><i>PISTA: Considera si</i></p> <ul style="list-style-type: none"> - Los pacientes cubiertos por el estudio pueden ser suficientemente diferentes de los de tu área. - Tu medio parece ser muy diferente al del estudio. - ¿Puedes estimar los beneficios y perjuicios en tu medio? 	<p><input type="checkbox"/> SÍ <input type="checkbox"/> NO SÉ <input type="checkbox"/> NO</p>
<p>11 ¿Va a cambiar esto tu decisión clínica?</p>	



PROGRAMA DE LECTURA CRÍTICA CASPe
Leyendo críticamente la evidencia clínica

**11 preguntas para ayudarte a entender un estudio de
Casos y Controles**

Comentarios generales

- Hay tres aspectos generales a tener en cuenta cuando se hace lectura crítica de un estudio de Casos y Controles:

¿Son válidos los resultados del estudio?

¿Cuáles son los resultados?

¿Pueden aplicarse en tu medio?

Las 11 preguntas contenidas en las siguientes páginas están diseñadas para ayudarte a pensar sistemáticamente sobre estos temas.

- Las dos primeras preguntas son “de eliminación” y pueden contestarse rápidamente. Sólo si la respuesta a estas dos preguntas es afirmativa, merece la pena continuar con las restantes.
- Hay un cierto grado de solapamiento entre algunas de las preguntas.
- En la mayoría de las preguntas se te pide que respondas “sí”, “no” o “no sé”.
- En itálica y debajo de las preguntas encontrarás una serie de pistas para contestar a las preguntas. Están pensadas para recordarte por qué la pregunta es importante. ¡En los pequeños grupos no suele haber tiempo para responder a todo con detalle!

A/ ¿Son los resultados del estudio válidos?

Preguntas de eliminación

<p>1 ¿El estudio se centra en un tema claramente definido?</p> <p><i>PISTA: Una pregunta se puede definir en términos de</i></p> <ul style="list-style-type: none"> - La población estudiada. - Los factores de riesgo estudiados. - Si el estudio intentó detectar un efecto beneficioso o perjudicial. 	<p><input type="checkbox"/> SÍ <input type="checkbox"/> NO SÉ <input type="checkbox"/> NO</p>
<p>2 ¿Los autores han utilizado un método apropiado para responder a la pregunta?</p> <p><i>PISTA: Considerar</i></p> <ul style="list-style-type: none"> - ¿Es el estudio de Casos y Controles una forma adecuada para contestar la pregunta en estas circunstancias? (¿Es el resultado a estudio raro o perjudicial?). - ¿El estudio está dirigido a contestar la pregunta? 	<p><input type="checkbox"/> SÍ <input type="checkbox"/> NO SÉ <input type="checkbox"/> NO</p>

¿Merece la pena continuar?

Preguntas de detalle

<p>3 ¿Los casos se reclutaron/incluyeron de una forma aceptable?</p> <p><i>PISTA: Se trata de buscar sesgo de selección que pueda comprometer la validez de los hallazgos</i></p> <ul style="list-style-type: none"> - ¿Los casos se han definido de forma precisa? - ¿Los casos son representativos de una población definida (geográfica y/o temporalmente)? - ¿Se estableció un sistema fiable para la selección de todos los casos? - ¿Son incidencia o prevalencia? - ¿Hay algo "especial" que afecta a los casos? - ¿El marco temporal del estudio es relevante en relación a la enfermedad/exposición? - ¿Se seleccionó un número suficiente de casos? - ¿Tiene potencia estadística? 	<p><input type="checkbox"/> SÍ <input type="checkbox"/> NO SÉ <input type="checkbox"/> NO</p>
<p>4 ¿Los controles se seleccionaron de una manera aceptable?</p> <p><i>PISTA: Se trata de buscar sesgo de selección que pueda comprometer la generalizabilidad de los hallazgos.</i></p> <ul style="list-style-type: none"> - ¿Los controles son representativos de una población definida (geográfica y/o temporalmente)? - ¿Hay algo "especial" que afecta a los controles? - ¿Hay muchos no respondedores? ¿Podrían ser los no respondedores de alguna manera diferentes al resto? - ¿Han sido seleccionados de forma aleatorizada, basados en una población? - ¿Se seleccionó un número suficiente de controles? 	<p><input type="checkbox"/> SÍ <input type="checkbox"/> NO SÉ <input type="checkbox"/> NO</p>

<p>5 ¿La exposición se midió de forma precisa con el fin de minimizar posibles sesgos?</p> <p><i>PISTA: Estamos buscando sesgos de medida, retirada o de clasificación:</i></p> <ul style="list-style-type: none"> - ¿Se definió la exposición claramente y se midió ésta de forma precisa? - ¿Los autores utilizaron variables objetivas o subjetivas? - ¿Las variables reflejan de forma adecuada aquello que se suponen que tiene que medir? (han sido validadas). - ¿Los métodos de medida fueron similares tanto en los casos como en los controles? - ¿Cuando fue posible, se utilizó en el estudio cegamiento? - ¿La relación temporal es correcta (la exposición de interés precede al resultado/variable de medida)? 	<p><input type="checkbox"/> SÍ <input type="checkbox"/> NO SÉ <input type="checkbox"/> NO</p>
<p>6</p> <p>A. ¿Qué factores de confusión han tenido en cuenta los autores?</p> <p><i>Haz una lista de los factores que piensas que son importantes y que los autores han omitido (genéticos, ambientales, socioeconómicos).</i></p> <p>B. ¿Han tenido en cuenta los autores el potencial de los factores de confusión en el diseño y/o análisis?</p> <p><i>PISTA: Busca restricciones en el diseño y técnica, por ejemplo, análisis de modelización, estratificación, regresión o de sensibilidad para corregir, controlar o ajustar los factores de confusión.</i></p>	<p>Lista:</p> <hr/> <p><input type="checkbox"/> SÍ <input type="checkbox"/> NO SÉ <input type="checkbox"/> NO</p>

B/ ¿Cuáles son los resultados?

7 ¿Cuáles son los resultados de este estudio?

PISTA:

- ¿Cuáles son los resultados netos?
- ¿El análisis es apropiado para su diseño?
- ¿Cuán fuerte es la relación de asociación entre la exposición y el resultado (mira los odds ratio (OR))?
- ¿Los resultados se han ajustado a los posibles factores de confusión y, aun así, podrían estos factores explicar la asociación?
- ¿Los ajustes han modificado de forma sustancial los OR?

8 ¿Cuál es la precisión de los resultados?

¿Cuál es la precisión de la estimación del riesgo?

PISTA:

- Tamaño del valor de P.
 - Tamaño de los intervalos de confianza.
 - ¿Los autores han considerado todas las variables importantes?
 - ¿Cuál fue el efecto de los individuos que rechazaron el participar en la evaluación?
-

9 ¿Te crees los resultados?	<input type="checkbox"/> SÍ	<input type="checkbox"/> NO SÉ	<input type="checkbox"/> NO
<p>PISTA:</p> <ul style="list-style-type: none">- ¡Un efecto grande es difícil de ignorar!- ¿Puede deberse al azar, sesgo o confusión?- ¿El diseño y los métodos de este estudio son lo suficientemente defectuosos para hacer que los resultados sean poco creíbles?- Considera los criterios de Bradford Hills (por ejemplo, secuencia temporal, gradiente dosis-respuesta, fortaleza de asociación, verosimilitud biológica).			

¿Merece la pena continuar?

C/ ¿Son los resultados aplicables a tu medio?

<p>10 ¿Se pueden aplicar los resultados a tu medio?</p> <p><i>PISTA: Considera si</i></p> <ul style="list-style-type: none"> - Los pacientes cubiertos por el estudio pueden ser suficientemente diferentes de los de tu área. - Tu medio parece ser muy diferente al del estudio. - ¿Puedes estimar los beneficios y perjuicios en tu medio? 	<p><input type="checkbox"/> SÍ <input type="checkbox"/> NO SÉ <input type="checkbox"/> NO</p>
<p>11 ¿Los resultados de este estudio coinciden con otra evidencia disponible?</p> <p><i>PISTA:</i></p> <p><i>Considera toda la evidencia disponible: Ensayos Clínicos aleatorizados, Revisiones Sistemáticas, Estudios de Cohorte y Estudios de Casos y Controles, así como su consistencia.</i></p>	<p><input type="checkbox"/> SÍ <input type="checkbox"/> NO SÉ <input type="checkbox"/> NO</p>

Anexo 3. Escala de Borg modificada.

0	
1	Extremadamente ligero
2	Ligero
3	Moderado
4	
5	Duro
6	
7	Muy duro
8	
9	
10	Extremadamente duro