



Grau

Fisioteràpia

FACULTAT DE CIÈNCIES DE LA SALUT

UMANRESA | UVIC·UCC

**EFFECTIVIDAD DE LOS EJERCICIOS
EXCÉNTRICOS EN LA PREVENCIÓN
DE LAS LESIONES MUSCULARES
ISQUIOTIBIALES EN LOS
FUTBOLISTAS MASCULINOS, DE 14
A 36 AÑOS.**

REVISIÓN BIBLIOGRÁFICA.

Nombre del alumno: Théo Marty

Tutor: Oscar Muncunill Morales

Trabajo final de grado

Curso: 2020/2021

RESUMEN:

Introducción: La lesión muscular de isquiotibiales es una de las más frecuentes en el fútbol. Esta última representa la lesión de no contacto más prevalente en los futbolistas. En este sentido, sabiendo que la lesión muscular de isquiotibiales está presente en todos los niveles de fútbol parece importante estudiar si existen unas herramientas capaces de prevenir esta lesión.

Objetivo: Determinar la efectividad de los ejercicios excéntricos de isquiotibiales para prevenir las lesiones musculares de isquiotibiales en futbolistas masculinos que tienen entre 14 y 36 años.

Metodología: Se realizó una revisión bibliográfica de ocho ensayos clínicos aleatorizados de los diez últimos años a través de las bases biomédicas PUBMED, PEDRO, RESEARCHGATE, y COCHRANE.

Resultados: Los ejercicios excéntricos de isquiotibiales aumentan de manera significativa ($p < 0,05$) la fuerza muscular isquiotibial de los participantes. Se aumenta la fuerza muscular excéntrica (+18,3%) y explosiva de los isquiotibiales, siendo el ejercicio nordico de isquiotibiales el más utilizado en los artículos. Por otro lado, los ejercicios excéntricos no modifican de manera significativa ($p > 0,05$) la flexibilidad, arquitectura y activación neuromuscular de los isquiotibiales.

Discusión/Conclusión: Los ejercicios excéntricos de isquiotibiales permiten prevenir las lesiones musculares de isquiotibiales llevando a modificaciones positivas en la fuerza muscular isquiotibial, principal variable clínica implicada en los factores de riesgo. Por otro lado, existen divergencias de resultados de cara a los otros factores de riesgo y no se puede concluir si los ejercicios excéntricos modifican de manera significativa la flexibilidad, la arquitectura y la activación neuromuscular de los isquiotibiales en los participantes.

Palabras claves: Prevención; Ejercicio excéntrico; Isquiotibiales; Lesión; Fútbol.

ABSTRACT:

Introduction: Hamstring muscle injury is one of the most frequent injuries in football. Represents the most prevalent non-contact injury in football players. In this sense, knowing that hamstring muscle injury is present at all levels of football, it seems important to study whether there are tools capable of preventing this injury.

Objective: To determine the effectiveness of eccentric hamstring exercises to prevent hamstring muscle injuries in male football players aged between 14 and 36 years.

Methodology: A literature review of eight randomised clinical trials from the last ten years was conducted through the biomedical databases PUBMED, PEDRO, RESEARCHGATE, and COCHRANE.

Results: Eccentric hamstring exercises significantly ($p < 0.05$) increase participants' hamstring muscle strength. Eccentric (+18.3%) and explosive hamstring muscle strength is increased, being the nordic hamstring exercise the most used in the articles. On the other hand, eccentric exercises do not significantly ($p > 0.05$) modify the flexibility, architecture and neuromuscular activation of the hamstrings.

Discussion/Conclusion: Eccentric hamstring exercises allow the prevention of hamstring muscle injuries leading to positive modifications in hamstring muscle strength, the main clinical variable involved in risk factors. On the other hand, there are divergent results for the other risk factors and it cannot be concluded whether eccentric exercises significantly modify hamstring flexibility, architecture and neuromuscular activation in the participants.

Keywords: Prevention; Eccentric exercise; Hamstring; Injury; Football.

1. INTRODUCCIÓN

A- Condición de salud

- ***Anatomía de los isquiotibiales***

El grupo muscular isquiotibial está constituido de tres músculos separados: el semitendinoso, el semimembranoso y el bíceps femoral. El bíceps femoral está formado de dos cabezas, una larga y una corta. A parte de la cabeza corta del bíceps femoral todas estas estructuras musculares tienen una acción muscular biarticular. Por lo tanto, la cabeza larga del bíceps femoral y el semitendinoso presentan un origen muscular común en la tuberosidad isquiática y en el ligamento sacrotuberoso. Por otro lado, el semimembranoso se origina únicamente en la tuberosidad isquiática, y la cabeza corta del bíceps femoral en el labio lateral de la línea áspera en el tercio medio del fémur. Al nivel de las inserciones musculares, la cabeza larga y corta del bíceps femoral se insertan en la cabeza del peroné. El semimembranoso se inserta en la parte posteromedial del cóndilo medial de la tibia (pata de ganso profunda), y el semitendinoso en la parte medial a la tuberosidad tibial (pata de ganso superficial). Luego de cara a la función de estas estructuras, el bíceps femoral realiza una extensión de cadera y flexión, rotación externa de rodilla. El semimembranoso y el semitendinoso realizan una extensión de cadera y flexión, rotación interna de rodilla.(1)

- ***Definición***

Una lesión de los isquiotibiales se puede definir por el sitio anatómico afectado dentro del músculo, y la lesión puede estar presente en uno o más de los tres componentes musculares descritos anteriormente. Esta lesión suele acompañarse de dolor en la cara posterior del muslo.(2)

La distensión muscular es la lesión isquiotibial de no contacto más frecuente en los deportes que involucran episodios repetidos de sprints y/o chutes, incluyendo el fútbol como uno de los deportes más expuestos a estas lesiones(3). La distensión corresponde precisamente a una alteración anatómica y funcional de la unidad músculo-tendón cuando se produce un desgarro y un sangrado de las fibras musculares. La gravedad de la distensión muscular depende sobre todo de la localización anatómica de la afectación dentro del músculo y del tamaño del daño tisular. También depende de otros factores como la respuesta inflamatoria y la pérdida de funcionalidad que presenta la persona lesionada. De hecho, se puede clasificar la distensión muscular isquiotibial en tres diferentes grados de lesión mediante el uso de imágenes ecográficas. El sistema de clasificación más común define una lesión de grado I como una ausencia de alteración apreciable del tejido o por presencia de roturas microscópicas en el ecógrafo, dolor e hinchazón leves y pérdida de la funcionalidad mínima o nula. Se estima una recuperación de 1-2 semanas para las lesiones de grado I. Luego, las lesiones de grado II se caracterizan por una rotura parcial identificable del tejido en el ecógrafo, dolor e inflamación moderados que conducen a una pérdida de funcionalidad parcial. Se estima una recuperación de 3-4 semanas para las lesiones de grado II. Por último, la lesión de grado III se define como una interrupción completa o desgarro total de la unidad musculotendinosa, con dolor intenso e hinchazón que provoca una pérdida de funcionalidad completa. Se estima una recuperación de más de 6-8 semanas para las lesiones de grado III.(4)

Según la declaración consensuada de epidemiólogos deportivos, dentro del mundo deportivo y más precisamente del fútbol, se conoce la lesión de los isquiotibiales como

una lesión muscular que impide al jugador poder participar en el siguiente partido o sesión de entrenamiento.(5)

- **Mecanismos de lesión**

Por una parte, los isquiotibiales son estructuras más vulnerables a las lesiones en la última fase de oscilación durante un sprint. En esta fase se produce un cambio rápido y brusco de una función concéntrica a una función excéntrica de los isquiotibiales que desaceleran la pierna para que esta última pueda impactar con el terreno. Entonces, en el final de la fase de oscilación se provoca una elongación y alargamiento de los isquiotibiales asociada a una contracción de esta misma estructura. En efecto, los isquiotibiales deben frenar la gran velocidad angular de la rodilla hacia la extensión para posicionarla para el próximo paso, lo que los coloca en una acción excéntrica importante y muy potente(6). Este mecanismo lesional representa el 70% de los casos. Según Danielsson y col. 2020, varios estudios han demostrado que el bíceps femoral es la estructura más frecuentemente lesionada en la última fase de oscilación de un sprint. Eso se explica por la elongación del bíceps femoral que es más importante respecto al semimembranoso y semitendinoso en la última fase de oscilación ya que sus puntos de inserción están más alejados(7).

Por otra parte, estas lesiones isquiotibiales pueden ocurrir durante un estiramiento brusco de la musculatura cuando se produce una hiperflexión de cadera e hiperextensión de rodilla, como por ejemplo durante un chute, un tackle o cuando el jugador intenta controlar la pelota en el aire llevando su pie por encima del nivel del tronco(8). Se ha demostrado a través de varios estudios que este mecanismo de lesión se asocia a una afectación más frecuente del semimembranoso(7).

- **Epidemiología**

La distensión de los isquiotibiales es la lesión de no contacto más prevalente en el fútbol(9), y 95% de las lesiones isquiotibiales en el fútbol son de no contacto. Representa una tasa importante del total de las lesiones músculo-esqueléticas agudas producidas durante actividades deportivas futbolísticas realizadas tanto a nivel profesional, semi profesional y amateur(10).

Se ha demostrado que la porción mayormente afectada en este deporte corresponde a la porción larga del bíceps femoral (84%), debido a que sus puntos de inserción son los que más se alejan durante el mecanismo de lesión(11). Además la acción muscular del bíceps femoral representa una tasa de sollicitación importante en el fútbol durante los cambios de dirección, las aceleraciones o desaceleraciones y eso puede explicar también porque se lesiona con mayor prevalencia esta estructura en concreto(9). Es importante observar también que 46% de los jugadores lesionados del bíceps femoral han padecido el mismo tipo de lesión la temporada anterior. Luego, el semimembranoso es la segunda estructura isquiotibial más afectada en el fútbol (11%), seguida del semitendinoso (5%)(12).

En general, las lesiones musculares son un problema sustancial para los jugadores y sus clubes. Representan casi un tercio de todas las lesiones con pérdida de tiempo en el fútbol profesional masculino, y es interesante saber que el 92% de todas estas lesiones afectan a los cuatro grandes grupos musculares de las extremidades inferiores. Los isquiotibiales (37%), los aductores (23%), el cuádriceps (19%) y el tríceps sural (13%)(3). En el fútbol, otros estudios han analizado que las distensiones de isquiotibiales representan entre 15 y 50% de todas las lesiones musculares(5), y que están mayormente localizadas al nivel de la unión miotendinosa o de la parte proximal de los isquiotibiales(13).

Por otra parte, estas lesiones requieren más de cuatro semanas de recuperación en 15,8 % de jugadores. Además, se ha reportado que entre un 12% y 30% de los jugadores se vuelven a lesionar dentro de los dos primeros meses de regreso a la práctica deportiva, lo que ha generado una gran preocupación en las grandes organizaciones del fútbol de élite.(3)

Según Woods C y col. 2004, se ha estudiado también que las lesiones de isquiotibiales son más frecuentes durante los partidos los fines de semanas (62%) y que existe un aumento significativo de la tasa de estas lesiones al final de cada parte del partido, entre 31' y 45' de partido y entre 76' y 90' de partido(9).

- **Factores de riesgo**

Primero, el riesgo de sufrir una lesión de isquiotibiales es generalmente multifactorial(11). Existen factores de riesgo **extrínsecos** al futbolista que pueden causar aquellas lesiones. Por ejemplo, unas superficies de campo duras con alta fricción pueden provocar estas lesiones(14). Además, se ha estudiado que un calentamiento muscular insuficiente antes de la práctica deportiva se asocia a un riesgo más grande de padecer lesiones(10).

Segundo, existen factores de riesgo **intrínsecos no modificables**. Es decir que son factores propios e internos al jugador que no son modificables dentro de la práctica clínica. Por ejemplo los jugadores con historia de lesiones anteriores(15), jugadores mayores de edad(16), y jugadores de origen africano(17).

De estos últimos, la historia de lesiones previas es el factor de riesgo intrínseco no modificable más importante en los futbolistas ya que los jugadores previamente lesionados tienen más del doble de riesgo de sufrir una nueva lesión en los isquiotibiales de mismo tipo y ubicación(18). Según De Hoyo M y col. 2013, eso se puede explicar por la formación de un nuevo tejido cicatricial y una nueva arquitectura de fibras musculares de menor calidad(10). Además, se puede explicar por una rehabilitación incorrecta o insuficiente de la lesión que puede entrenar rápidamente a esta recaída lesional, o por un regreso prematuro a la actividad deportiva.

Luego, según Opar D y col. 2012 los futbolistas masculinos que tienen más de 23 años presentan un riesgo significativamente más elevado de padecer una lesión muscular de isquiotibiales(19). Además, se ha informado que cada nuevo año se aumenta el riesgo de padecer una lesión muscular isquiotibial (+1,8 veces) para los futbolistas masculinos. Sin embargo, las causas de este factor de riesgo resultan difícil de explicar. Algunos estudios han sugerido que el peso corporal aumenta y que la flexibilidad muscular disminuye a través de los años en futbolistas Australianos (deporte parecido al fútbol)(20). Otros han reportado que la masa y fuerza muscular de los atletas con mayor edad disminuye(15).

A continuación, algunos estudios han reportado que los jugadores de origen africano presentan una mayor cantidad de fibras musculares de tipo II al nivel de extremidades inferiores y que presentan una mayor anteversión pélvica. De hecho, las fibras de tipo II son menos resistente a la fatiga muscular y están más predispuestas a lesiones musculares que ocurren en fase excéntrica. Por otro lado, una anteversión pélvica aumentada puede producir un alargamiento isquiotibial excesivo y entrenar la lesión. Por eso, se ha demostrado que estos dos motivos pueden explicar porque las lesiones musculares isquiotibiales ocurren con mayor frecuencia en esta población(19).

Tercero, existen también factores de riesgo **intrínsecos modificables**. De cara a la realización de esta revisión bibliográfica estos tipos de factores de riesgo nos interesan más. En efecto, son propios e internos al jugador y dentro de la práctica clínica se

puede intervenir en ellos. En otros términos, se puede analizar si un programa de prevención de cara a las lesiones isquiotibiales puede ser efectivo o no, estudiando si este último tendrá consecuencias positivas sobre los factores de riesgo intrínsecos modificables siguientes:

> FLEXIBILIDAD MUSCULAR

Primero, una flexibilidad muscular isquiotibial insuficiente está considerado como un factor de riesgo intrínseco modificable que puede causar una lesión isquiotibial(21). Según Witvrouw y col. 2003, los futbolistas que tienen menos flexibilidad muscular presentan un mayor riesgo de padecer lesiones isquiotibiales(22). En otro estudio se ha reportado que unos atletas con falta de flexibilidad muscular isquiotibial presentan un ángulo de flexión de rodilla mayor respecto a los atletas que presentan una flexibilidad normal. Eso se puede explicar por el acortamiento muscular de los isquiotibiales que se caracteriza como un factor de riesgo modificable dentro de la literatura científica(23).

> FUERZA MUSCULAR

Después, la falta de fuerza muscular isquiotibial y/o el desequilibrio de fuerza entre isquiotibiales y cuádriceps (diferencia agonista/antagonista) y/o un desequilibrio de fuerza general entre las dos piernas (diferencia bilateral) forman parte de estos factores de riesgo. Según Croisier y col. 2008, los jugadores con desequilibrios de fuerza fueron aquellos que lograron al menos dos de las siguientes asimetrías:

- 1) Diferencia bilateral superior a 15% en la fuerza concéntrica de los isquiotibiales a 60-240°/s;
- 2) Diferencia bilateral superior a 15% en la fuerza excéntrica de los isquiotibiales a 60-120°/s;
- 3) Ratio Isquiotibial concéntrico/Cuádriceps concentrico inferior a 0.45;
- 4) Ratio Isquiotibial excéntrico/Cuádriceps concentrico inferior a 0.89;

Además, en este mismo estudio científico encontraron que jugadores sin disminución de fuerza o sin desequilibrio sufren un menor número de lesiones isquiotibiales respecto a los jugadores con desequilibrios que tuvieron entre cuatro y cinco veces más riesgo de lesión.(24)

> FATIGA MUSCULAR

Luego, la fatiga muscular se ha identificado como un factor de riesgo modificable en las lesiones musculares de no contacto porque se ha observado que aquellas aparecen con mayor prevalencia al fin de cada parte de un partido(25). De hecho, se ha identificado una mayor incidencia de lesiones cuando se juegan dos partidos por semana en comparación con un partido por semana, ya que el tiempo de recuperación entre partidos está reducido(26). Sin embargo, la fatiga muscular es un término difícil de definir y en consecuencia parece difícil de atribuir una variable clínica para poder estudiar y medir su efecto en las lesiones musculares de isquiotibiales.

> ESTABILIDAD Y CONTROL MOTOR LUMBO PÉLVICO

A continuación, varios estudios han constatado que la falta de estabilidad y de un buen control motor lumbo pélvico puede afectar la funcionalidad de los isquiotibiales y producir su alteración. Por ejemplo, una estabilidad adecuada de la pelvis producida a través de una activación de los músculos del CORE previene la anteversión pélvica y disminuye el alargamiento excesivo de los isquiotibiales durante la carrera(27). Otros estudios han estudiado que la sinergia lumbo pélvica/isquiotibiales tiene un papel relevante en la prevención de las lesiones isquiotibiales(28).

> ARQUITECTURA MUSCULAR

También otros estudios han demostrado que la arquitectura muscular de los

isquiotibiales puede ser considerado como un factor de riesgo intrínseco modificable. En efecto, una longitud de fascículos musculares disminuida está asociado a un riesgo de lesión más importante. Este factor de riesgo tiene cada vez más importancia cuando se refiere a la longitud del fascículo muscular del bíceps femoral ya que esta estructura se lesiona con mayor frecuencia(29). Por ejemplo, una longitud de fascículo muscular de la cabeza larga del bíceps femoral inferior a 10,56 cm está asociado a un mayor riesgo de lesión muscular isquiotibial(30).

> ACTIVACIÓN NEUROMUSCULAR

El porcentaje de activación neuromuscular de los isquiotibiales que se obtiene mediante el uso de un programa de prevención excéntrico puede ser relevante a la hora de analizar si este último es efectivo o no en la prevención de lesiones musculares isquiotibiales. En efecto, hemos mencionado que el bíceps femoral es la estructura de los isquiotibiales más afectada por las lesiones. Por lo tanto, parece ser interesante estudiar si un programa de prevención excéntrico puede mejorar y aumentar la activación neuromuscular de los isquiotibiales, y sobre todo del bíceps femoral para reducir el riesgo de lesiones.(12)

B- Herramientas de valoración

• *Herramientas que valoran la fuerza muscular de los isquiotibiales:*

> DINAMOMETRO ISOCINETICO

Una evaluación isocinética muscular parece ser la prueba 'Gold estándar' para comprobar los niveles de fuerza musculares agonistas/antagonistas del cuádriceps e isquiotibiales y detectar los posibles desequilibrios entre estas dos estructuras en una misma pierna, o para identificar los desequilibrios de fuerza muscular entre dos piernas. La realización de la prueba isocinética muscular se lleva a cabo con un dinamómetro isocinético. Durante esta prueba el paciente está sentado y el dinamómetro mide la fuerza muscular ejercida dinámicamente por el cuádriceps y los isquiotibiales en un rango de movimiento determinado (flexión y extensión de rodilla), a velocidad constante y programable. Los niveles de fuerza muscular están registrados dentro de un ordenador conectado directamente al dinamómetro isocinético.(24)

Por otra parte, esta prueba puede permitir más precisamente medir unas características de la fuerza muscular. Es decir que sirve para determinar el pico de torque de los grupos musculares (isquiotibiales y cuádriceps) y el ratio de fuerza Isquiotibiales/Cuádriceps. Por un lado, el pico de torque corresponde al momento de mayor fuerza desarrollada por el músculo durante el movimiento isocinético(21). Por otro lado, a partir de este pico de torque obtenido para los músculos isquiotibiales y cuádriceps se puede establecer el ratio I/C (Ratio = pico de torque Isquiotibial/pico de torque Cuádriceps) para valorar en concreto el posible desequilibrio entre estos dos grupos musculares.

Sin embargo, la evaluación isocinética con dinamómetro es poca representativa de la actividad deportiva de un futbolista ya que el paciente está sentado entre 80° y 110 ° de flexión de cadera. Entonces, para que esta prueba sea más representativa de la realidad, Croisier y col. 2008 demostraron que el uso de un ratio I/C mixto es más adecuado. Este ratio corresponde precisamente al pico de torque excéntrico de los isquiotibiales dividido por el pico de torque concéntrico del cuádriceps (I exc/C con), con una velocidad angular de 30°/s para el I exc y 240°/s para el C con. Esta relación fue propuesta porque se asemeja a la función de los músculos durante las carreras de velocidad y patadas.

Así, según este grupo de autores, la insuficiente fuerza excéntrica de los isquiotibiales

para compensar la acción concéntrica del cuádriceps durante la fase final de la oscilación en la carrera supone un mayor riesgo de lesión(24). Aunque Croisier y col. 2008 han intentado reproducir las condiciones reales de fuerza de los jugadores, esta prueba presenta limitaciones ya que permite valorar el funcionamiento monoarticular de los isquiotibiales al nivel de rodilla mientras que son músculos biarticulares(31).

> SINGLE LEG HAMSTRING BRIDGE TEST (SLHB) (Anexo 1)

Dentro de la literatura científica otros estudios analizan la fuerza muscular de los isquiotibiales mediante el 'Single Leg Hamstring Bridge Test'. Por lo tanto, la utilización de este test es interesante para comprobar si un jugador presenta riesgos de lesionarse al nivel de isquiotibiales o no. En este test el jugador está tumbado al suelo boca arriba con el talón de la pierna de prueba colocado sobre una caja de 60 cm de altura. La pierna de prueba se coloca aproximadamente a unos 20° de flexión de rodilla, mientras que la pierna que no trabaja se mantiene estática en posición vertical para evitar que esta última pueda dar un impulso compensatorio durante la prueba. Durante el procedimiento el jugador tiene los brazos cruzados al pecho y tiene que empujar hacia abajo con el talón de la pierna de prueba para levantar la pelvis del suelo y llevar su cuerpo a una extensión de cadera de 0°. El objetivo de la prueba es realizar el máximo de repeticiones posibles hasta fallar. Una repetición cuenta como el momento donde el paciente lleva la pierna de prueba a una extensión de cadera de 0° y vuelve a tocar el suelo con su pelvis, sin descanso.(32)

> PRUEBA DEL SALTO VERTICAL

Esta prueba es útil para medir la actividad neuromuscular y la fuerza explosiva de las extremidades inferiores en general. Se ha demostrado que es una prueba útil para los deportes que requieren una potencia anaeróbica, es decir esfuerzos máximos en periodos de tiempo cortos como puede ser el sprint en el fútbol.

Es una prueba sencilla, no costosa y fácil de realizar donde se mide la diferencia entre la altura del jugador en posición bípeda al suelo y la altura máxima que puede alcanzar este mismo durante el salto. También, se puede medir la actividad neuromuscular y la fuerza muscular explosiva mediante una plataforma de fuerza donde se recepciona el jugador después de su salto.

Por otro lado, una disminución notable en las capacidades de salto vertical del jugador nos puede indicar una fatiga neuromuscular y una pérdida de fuerza explosiva de este último. Por lo tanto, es una prueba que nos indica la posibilidad de estar expuesto a unos riesgos de lesión o no por parte del jugador.(33)

Respecto al fútbol, se ha demostrado que la prueba de salto vertical más adecuada es el 'Counter Movement Jump Test' (Anexo 2). Se realiza partiendo el jugador desde una posición bípeda y con las manos sobre las caderas. A continuación se realiza un salto vertical mediante una flexión de piernas seguido lo más rápidamente por una extensión de piernas. Durante toda la prueba el tronco tiene que estar en posición neutra. Además, durante la fase de vuelo las piernas tienen que ser extendidas y luego el jugador se recepciona sobre la plataforma en primer lugar con la zona del antepié y posteriormente con la zona posterior del pie. La altura de salto alcanzada se mide en cm.(33)

> SPRINT TEST

El sprint parece ser un factor de rendimiento dentro del mundo deportivo. Sin embargo, puede resultar útil también a la hora de valorar la fuerza muscular explosiva de los isquiotibiales. En efecto, un futbolista que mejora su tiempo de sprint después de haber seguido una intervención (=ejercicios excéntricos) es relevante de que su fuerza muscular isquiotibial ha mejorado. Precisamente, un estudio demostró que la

mejora de los tiempos de sprint sobre distancias cortas en deportistas es significativa de una mayor fuerza muscular excéntrica de isquiotibiales(34). Por lo tanto, la capacidad de sprint y la fuerza muscular excéntrica de isquiotibiales presentan una correlación positiva.

El sprint test parece ser la prueba más utilizada para medir las capacidades de sprint y en este caso la fuerza muscular explosiva de los isquiotibiales. Se trata de utilizar un dispositivo de fotocélulas para medir el tiempo mínimo de sprint que realiza un jugador sobre una corta distancia(35).

- **Herramientas que valoran la flexibilidad muscular:**

- > **ACTIVE KNEE EXTENSION TEST** (*Anexo 3*)

Por su parte, el Active Knee Extension (AKE) con o sin electrogoniometría es un test de movilidad activa que parece ser la prueba más válida de valoración para evaluar el grado de flexibilidad activa de los isquiotibiales. En esta prueba el jugador está tumbado boca arriba y se mide el ángulo de extensión de rodilla que puede generar el jugador de manera activa a partir de una flexión de cadera de 90° con un sistema de verticalización de fémur(36). Por su validez y confiabilidad, el test ha sido recomendado como una buena herramienta para evaluar la flexibilidad de isquiotibiales(22).

- > **STRAIGHT LEG RAISING TEST** (*Anexo 4*)

Por otra parte, se puede valorar la flexibilidad pasiva isquiotibial mediante el Straight Leg Raising (SLR) donde el paciente está en decúbito supino. Un probador mueve la extremidad inferior para valorar la flexión de la cadera con la rodilla completamente extendida y el tobillo relajado. Un segundo probador mide la flexibilidad de los isquiotibiales con un goniómetro o un inclinómetro, y podría ser necesario un tercer probador para estabilizar la pelvis y la extremidad no probada.(37)

- **Herramienta que valora la arquitectura muscular de los isquiotibiales (longitud de los fascículos):**

- > **ECOGRAFÍA**

Las imágenes ecográficas son las más utilizadas hoy en día para poder medir la longitud de los fascículos musculares en centímetros. Sin embargo, no se puede ver la longitud entera del fascículo a través de la ecografía pero sí que se pueden medir diferentes componentes: el ángulo de aponeurosis (AA), el espesor del músculo (EM) y el ángulo de penación (AP). Por eso, a partir de estos tres componentes que se obtienen mediante la ecografía se ha establecido una fórmula matemática para poder calcular la longitud del fascículo muscular (FM):
$$FM = \sin(AA + 90^\circ) \times EM / \sin(180^\circ - (AA + 180^\circ - AP)).$$
(38)

- **Herramienta que valora la activación neuromuscular de los isquiotibiales:**

- > **ELECTROMIOGRAFÍA**

La electromiografía es la herramienta que permite valorar la actividad eléctrica de los músculos. El método menos invasivo y más utilizado para medir esta actividad es el electromiograma de superficie (sEMG) donde se colocan electrodos sobre la superficie de la piel de los músculos que se quieren estudiar. Las señales que nos ofrecen el electromiograma nos permite visualizar precisamente las señales eléctricas que llegan dentro de las fibras musculares, así como los potenciales de acción que activan los músculos. De hecho esta prueba nos permite medir el pico de activación neuromuscular en milivoltios (mV) o establecer un porcentaje de esta activación.(39)

C- Herramientas de prevención

El **ejercicio excéntrico** se define como las acciones musculares que ocurren cuando la carga aplicada al músculo excede la fuerza o tensión producida por el músculo en sí mismo durante el ejercicio, lo que resulta en una acción de alargamiento de este músculo(24).

El ejercicio de contracción excéntrica se ha reconocido como una herramienta bastante utilizada para intentar prevenir las lesiones isquiotibiales. Por eso, parece ser una opción de ejercicio adecuada para prevenir estas lesiones en los futbolistas(5). En efecto, los ejercicios excéntricos producen beneficios específicos sobre los isquiotibiales. Por ejemplo, se ha demostrado en varios estudios que permiten aumentar la longitud de la cabeza larga del bíceps femoral y la fuerza excéntrica de los isquiotibiales aumentando el número de sarcómeros dentro de las miofibrillas. Por lo tanto, seleccionar ejercicios con un beneficio comprobado en estas variables podría ser un mecanismo de prevención(25).

Dentro de la práctica clínica ya existen diferentes tipos de ejercicios excéntricos de isquiotibiales que se pueden utilizar dentro de un programa de prevención:

> **EJERCICIO NORDICO DE ISQUIOTIBIALES:** *(Anexo 5)*

Se ha demostrado reducciones en las tasas de lesiones de los isquiotibiales de hasta un 50-70% en clubes de fútbol que utilizan el ejercicio nórdico de isquiotibiales(25). Este ejercicio es uno de los más utilizados en el fútbol ya que en 2003, la Federación Internacional de Fútbol Asociación (FIFA) y su Centro de Evaluación e Investigación Médica (F-MARC) incluyó el ejercicio nórdico de isquiotibiales en el desarrollo de el programa de prevención "FIFA 11". En este ejercicio el jugador está de rodillas con los brazos cruzados al pecho o a lo largo del cuerpo para evitar compensaciones durante la realización del ejercicio. Durante todo el ejercicio una otra persona fija los tobillos del jugador para que se pueda mantener la posición de rodillas. A partir de ahí, el jugador intenta resistir una caída de todo el tronco hacia adelante desde la posición de rodillas. El tronco siempre se coloca en posición neutra con una ligera flexión de cadera y las rodillas se extienden durante la realización del ejercicio. Al momento de la caída del tronco hacia adelante los isquiotibiales se contraen excéntricamente para frenar las extensiones de rodillas. Por lo tanto es un ejercicio de pareja que se puede realizar fácilmente sin equipamiento especial. Se trata de un ejercicio monoarticular de rodilla.

> **RUSSIAN BELT EXERCISE:** *(Anexo 6)*

Durante este ejercicio el paciente está en bipedestación con las rodillas extendidas y fijadas por una cincha al nivel de la parte distal de los muslos y los brazos cruzados al pecho. En esta posición se trata de que el jugador flexiona su cadera y que los isquiotibiales se contraen excéntricamente para frenar la flexión de cadera (=caída del tronco hacia adelante). Se trata de un ejercicio monoarticular de cadera.(40)

> **PESO MUERTO BIPODAL:** *(Anexo 7)*

Es un ejercicio parecido al 'Russian Belt exercise' pero aquí las rodillas del jugador no están fijadas por una cincha. Se realiza en bipedestación con apoyo bipodal y los brazos cruzados al pecho. En esta posición la fuerza excéntrica de los isquiotibiales tiene que frenar la flexión de cadera del jugador (=caída del tronco hacia adelante). Se trata de un ejercicio monoarticular de cadera.(41)

> **PESO MUERTO UNIPODAL:** *(Anexo 8)*

Este ejercicio es parecido al 'Peso muerto bipodal'. Se realiza en bipedestación con apoyo unipodal y los brazos cruzados al pecho. Durante el ejercicio la pierna de

prueba se mantiene extendida y apoyada al suelo mientras que la otra pierna se mantiene en posición horizontal en el aire. La pierna de prueba es la pierna de apoyo ya que presenta una contracción excéntrica de los isquiotibiales para frenar la flexión de cadera. Se trata de un ejercicio monoarticular de cadera.(41)

> CHUTE CONTROLADO: *(Anexo 9)*

Durante este ejercicio el jugador está en bipedestación y simula un chute en el aire. Este chute (flexión de cadera+extensión de rodilla) tiene que ser controlado y frenado por los isquiotibiales. Se trata de un ejercicio más representativo del gesto deportivo del futbolista ya que es biarticular.

> CONTRA RESISTENCIA MANUAL: *(Anexo 10)*

Este ejercicio se realiza por pareja. El jugador está tumbado boca abajo y otro individuo lleva la rodilla del jugador hacia la extensión. El jugador tiene que contraer excéntricamente sus isquiotibiales para frenar la fuerza que ejerce el otro individuo. Se trata de un ejercicio monoarticular de rodilla.

A parte del 'Chute controlado' resulta interesante observar que estos ejercicios no son funcionales respecto al gesto deportivo del futbolista. En efecto, estos ejercicios se realizan de base a un componente monoarticular (rodilla para el 'ejercicio nórdico de isquiotibiales'/'Contra resistencia manual' y cadera para el 'Russian belt exercise'/'Peso muerto bipodal/unipodal') aunque la función de los isquiotibiales es biarticular. De hecho, en función del componente monoarticular (rodilla o cadera) que se trabaja en los ejercicios, no todas las estructuras de los isquiotibiales se activan de manera similar. Por ejemplo, se ha demostrado que el 'ejercicio nordico de isquiotibiales' es el más adecuado para obtener niveles de fuerza excéntrica mayores en la cabeza larga del bíceps femoral(42). Por otro lado, los ejercicios 'Russian belt exercise' o 'Peso muerto' permiten seleccionar una mayor hipertrofia del semimembranoso y de la cabeza larga del bíceps femoral, aunque el ejercicio nordico de isquiotibiales juega más un papel en la hipertrofia del semitendinoso y de la cabeza corta del bíceps femoral(38).

Por fin, se ha demostrado que las contracciones excéntricas requieren menos activación de la unidad motora y consumen menos oxígeno y energía para una fuerza muscular respecto a las contracciones concéntricas. De hecho, el costo metabólico requerido para el ejercicio excéntrico es aproximadamente cuatro veces menor que para el mismo ejercicio realizado concéntricamente. También, se han informado respuestas cardiorrespiratorias y hemodinámicas reducidas después del ejercicio excéntrico en comparación con el ejercicio concéntrico con la misma carga de trabajo absoluta. Por lo tanto, un ejercicio excéntrico tiene como objetivo mejorar la resistencia frente la elongación de las estructuras músculo tendinosas y promover una adaptación muscular. De este modo, se puede mejorar las capacidades de freno del músculo y eso permite limitar las lesiones musculares inducidas por un mecanismo lesional excéntrico. Sin embargo, un ejercicio excéntrico demasiado intenso tiene sus límites y puede llevar a un mayor daño muscular y consecuencias funcionales negativas en un músculo sano que no está previamente entrenado respecto a otros tipos de ejercicio. Por eso, es preferible plantear unos tratamientos con ejercicios excéntricos de manera progresiva. Es decir, fomentar un trabajo excéntrico con carga óptima, a velocidad y resistencia progresiva.(43-44)

D- Justificación del marco teórico

Las lesiones musculares isquiotibiales están muy presentes dentro del mundo del fútbol, sea al nivel profesional, semiprofesional o amateur. Sin embargo, parece que estas lesiones impactan de manera más importante a los clubes de fútbol profesionales. En efecto, hoy en día estos clubes profesionales son empresas y la buena salud de sus jugadores y el rendimiento deportivo de estos últimos representan unos recursos financieros importantes. La problemática surge cuando las lesiones isquiotibiales suceden por parte de los jugadores y que eso conlleva con una pérdida automática de dinero por parte de los clubes. Por una parte, se ha demostrado que los equipos que han conocido episodios frecuentes de lesiones de isquiotibiales presentan unos rendimientos deportivos inferiores para poder ganar competiciones. A partir de ahí, el proceso de recuperación del jugador puede tardar y se producen consecuencias económicas negativas. Por ejemplo, durante la temporada 1999-2000, estas lesiones isquiotibiales se han asociado a una pérdida de recursos económicos de 75 millones £ para los clubes de 'Premier League' en Inglaterra.

Por lo tanto, como las lesiones isquiotibiales son las más frecuentes a nivel muscular en todos los niveles del fútbol representan una alerta que se debe prevenir. Es decir que dentro de la práctica clínica es imprescindible analizar si el ejercicio excéntrico puede ser una herramienta terapéutica efectiva para poder prevenir las lesiones isquiotibiales en los futbolistas. De este modo se podrá analizar si esta última es efectiva para ayudar a los clubes de fútbol a reducir las tasas de lesiones y evitar perder dinero.

2. OBJETIVOS (GENERALES Y ESPECÍFICOS)

A- Objetivo general

- Determinar la efectividad de los ejercicios excéntricos en la prevención de las lesiones musculares isquiotibiales en los futbolistas masculinos, de 14 a 36 años.

B- Objetivos específicos

> Analizar el efecto de los ejercicios excéntricos sobre la fuerza muscular de los isquiotibiales en la prevención de lesiones musculares de los isquiotibiales en los futbolistas masculinos, de 14 a 36 años

> Analizar el efecto de los ejercicios excéntricos sobre la flexibilidad muscular de los isquiotibiales en la prevención de lesiones musculares isquiotibiales en los futbolistas masculinos, de 14 a 36 años.

> Analizar el efecto de los ejercicios excéntricos sobre la activación y arquitectura neuromuscular de los isquiotibiales en la prevención de lesiones musculares de los isquiotibiales en los futbolistas masculinos, de 14 a 36 años.

3. METODOLOGÍA

A- Palabras claves y estrategia de búsqueda

Para la realización de esta revisión bibliográfica, se realizó una búsqueda entre marzo 2020 y diciembre 2020 a través de varias bases de datos biomédicas: PUBMED, PEDRO, RESEARCHGATE, y COCHRANE para poder encontrar ensayos clínicos aleatorizados. La estrategia de búsqueda fue similar en cada una de las bases de datos utilizando unos filtros de búsqueda concretos. En efecto, dentro de las bases de datos se filtró la búsqueda para que los artículos sean ensayos clínicos aleatorizados, publicados dentro de los diez últimos años y escritos en castellano, o inglés. También,

se utilizó las palabras claves siguientes para realizar la búsqueda de los ensayos: Prevention; Eccentric training; Hamstring; Injury; Soccer. (Anexo 11: Términos Mesh y traducción).

B- Criterios de inclusión y exclusión

Criterios de inclusión	Criterios de exclusión
<ul style="list-style-type: none"> > Que los artículos sean estudios controlados aleatorizados que pertenecen a los diez últimos años. > Que los participantes sean futbolistas masculinos (amateur, semiprofesional, profesional) y que tengan entre catorce y treinta y seis años. > Que la muestra total mínima del estudio sea de quince participantes. > Que el nivel de evidencia de los estudios sea entre tres y diez sobre la escala PEDro. > Que los estudios utilicen cualquier tipo de ejercicio excéntrico isquiotibial como protocolo de intervención. 	<ul style="list-style-type: none"> > Que los estudios no utilicen y analicen herramientas de valoración y variables clínicas. > Que los artículos estudien a otros deportes que el fútbol/soccer. > Que los estudios presenten participantes con historia de lesión isquiotibial previa de dos meses.

Tabla 2: Criterios de inclusión y exclusión respecto a la selección de los estudios.

C- DIAGRAMA DE FLUJO

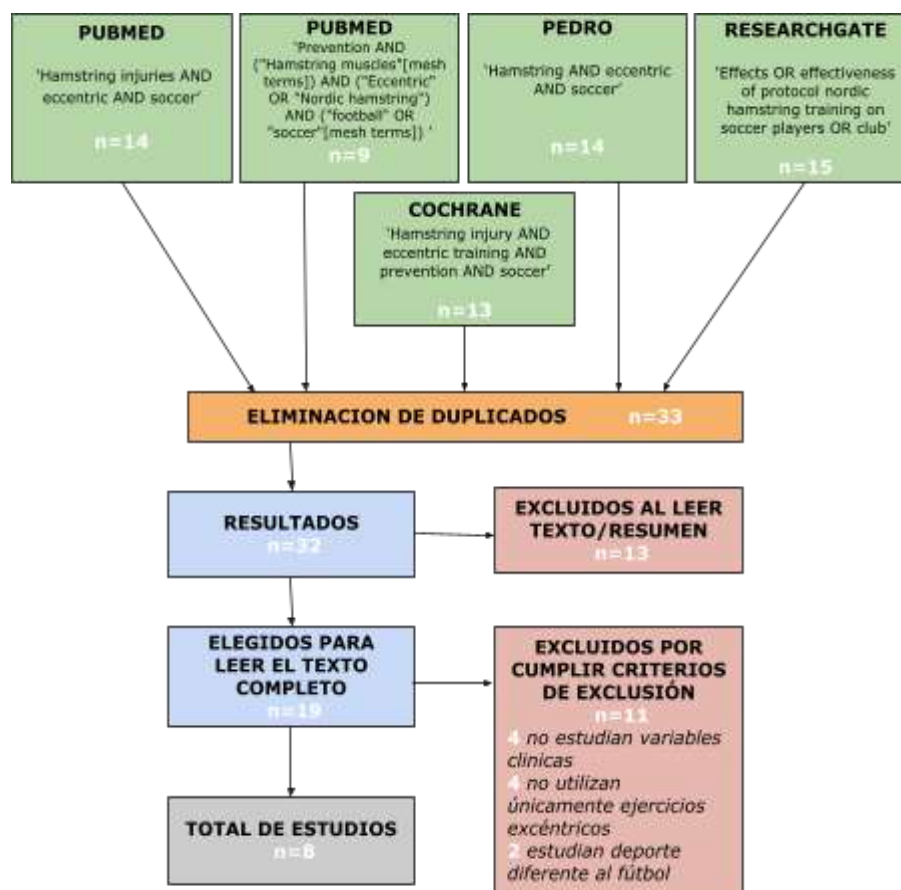


Figura 1: Diagrama del proceso de búsqueda bibliográfica y de selección de los estudios

D- EVALUACIÓN DE LA CALIDAD DE LOS ESTUDIOS

Para determinar la calidad de los estudios encontrados se utilizó la escala PEDro (Anexo 12).

4.RESULTADOS

A- TABLA DESCRIPTIVA DE LOS ARTÍCULOS SELECCIONADOS

Autor, Año, Nivel de evidencia	Población de estudio y tamaño de la muestra	Finalidad del estudio	Herramientas de evaluación	Resultados de interés más significativos	Conclusión
<p>Alvarez -Ponce D y col. 2019 (45)</p> <p>Effects of a program of eccentric exercises on hamstrings in youth soccer players</p> <p>PEDro: 5/10</p>	<p>Edad: 15,00 ± 0,85 años (GC) 15,07 ± 0,80 años (GE)</p> <p>Talla: 172 ± 6 cm (GC) 170 ± 6 cm (GE)</p> <p>Peso: 65,49 ± 7,18 kg (GC) 61,80 ± 4,75 kg (GE)</p> <p>Muestra: 37 futbolistas masculinos juveniles amateurs</p> <p>Intervención: Programa de seis ejercicios excéntricos durante 6 semanas; siguiendo el protocolo de entrenamiento del <i>Anexo 13</i></p> <p>GC: 18 (entrenamientos de futbol habituales)</p> <p>GE: 19 (programa ejercicios excéntricos +entrenamientos de futbol habituales)</p>	<p>- Evaluar los efectos de un programa de ejercicios excéntricos (Peso muerto bipodal; Chute controlado; Peso muerto unipodal; Contra resistencia manual; NHE; Supino con balón suizo bipodal) sobre el rango de extensión activa de rodilla de la pierna dominante (PD) y de la pierna no dominante (PND) en futbolistas masculinos jóvenes.</p>	<p>Se utiliza el test de AKE (Active Knee Extension Test) para valorar el rango de extensión activa de rodilla (=flexibilidad de los isquiotibiales).</p>	<p>Flexibilidad <u>Análisis intragrupal:</u> GE: + 9,6° (p<0,05)</p> <p>+ 11,4° en la PD (p=0,0001), + 7,8° en la PND (p=0,0014).</p> <p>GC: -2,45° (p>0,05)</p> <p>No significativo tanto para la PD (p=0,314) como para la PND (p=0,309).</p>	<p>Un programa de ejercicios excéntricos aumenta la flexibilidad de los isquiotibiales.</p> <p>Estos resultados se mantienen durante 3 semanas después de la intervención.</p>
<p>Lovell R y col. 2018 (46)</p> <p>Hamstring injury prevention in soccer: Before or after training?</p> <p>PEDro: 3/10</p>	<p>Edad: 23.6 ± 4.7 años</p> <p>Talla: 178.1 ± 5.9 cm</p> <p>Peso: 77.4 ± 11.4 kg</p> <p>Muestra: 35 futbolistas masculinos amateurs</p> <p>Intervención: NHE durante 12 semanas; siguiendo el protocolo de entrenamiento del <i>Anexo 14</i></p> <p>GC: 11 (ejercicios del CORE+entrenamientos de futbol)</p> <p>GE1: 14 (NHE antes del entrenamiento)</p> <p>GE2: 10 (NHE después del entrenamiento)</p>	<p>- Comparar los efectos de un programa de prevención con NHE en la fuerza muscular excéntrica de los isquiotibiales de la PD entre dos grupos experimentales y un grupo control en futbolistas masculinos amateurs.</p> <p>- Comparar los efectos de un programa de prevención con NHE en la activación neuromuscular de los isquiotibiales de la PD entre los dos grupos experimentales (antes y después del entrenamiento) en futbolistas masculinos amateurs.</p>	<p>- Dinamómetro isocinético para medir el pico de torque excéntrico de los isquiotibiales: 3 contracciones excéntricas voluntarias máximas de la PD.</p> <p>- SEMG para medir el nivel de activación neuromuscular (%) de los isquiotibiales de la PD durante la evaluación isocinética.</p> <p>- Ecografía para medir la longitud del fascículo (cm) del bíceps femoral (BF).</p>	<p>Pico de fuerza excéntrico <u>Análisis intragrupal:</u> GE1: +11,9%, IC [3.6;20.9%] GE2: +11,6%, IC [2.6;21.5%] GC: no significativo</p> <p><u>Análisis intergruparal:</u> GE1 vs GC: p<0,05 GE2 vs GC: p<0,05 GE1 vs GE2: p>0,05</p>	<p>El NHE aumenta la fuerza muscular excéntrica, la longitud de fascículo del BF en el GE1 y la activación neuromuscular de los isquiotibiales entre 0 y 30° de flexión de rodilla en el GE1.</p>
<p>Krommes K y col. 2017 (47)</p> <p>Sprint and jump performance in elite male soccer players following a 10-week Nordic Hamstring exercise Protocol: a randomised pilot study</p> <p>PEDro: 6/10</p>	<p>Edad: 23,0 ± 3,9 años (GC) 25,1 ± 4,9 años (GE)</p> <p>Talla: 183 ± 5 cm (GC) 181 ± 7 cm (GE)</p> <p>Peso: 73,11 ± 5,8 kg (GC) 77,90 ± 7,9 kg (GE)</p> <p>Muestra: 19 futbolistas masculinos profesionales</p> <p>Intervención: NHE durante 10 semanas; siguiendo el protocolo de entrenamiento del <i>Anexo 15</i></p> <p>GC: 10 (entrenamientos de futbol habituales)</p> <p>GE: 9 (NHE+entrenamientos de futbol habituales)</p>	<p>- Estudiar los efectos producidos por un programa de intervención con NHE sobre la fuerza muscular explosiva de los isquiotibiales en futbolistas masculinos profesionales.</p>	<p>- Se utiliza el sprint test 10m con un dispositivo de fotocélulas para medir la fuerza muscular explosiva isquiotibial de los jugadores. Se realizan 3 intentos y se registra el mejor tiempo de sprint de los tres.</p> <p>- Se utiliza el Counter Movement Jump test (CMV) para medir la fuerza muscular explosiva isquiotibial de los jugadores. Se repite el test 6-8 veces y se registra el salto más alto.</p>	<p>Fuerza muscular explosiva Sprint 10m <u>Análisis intragrupal:</u> GE: -0,1 s / p<0,05 GC: +0,05 s / p>0,05</p> <p><u>Análisis intergruparal:</u> GE vs GC: p<0,05</p> <p>Counter Movement Jump test <u>Análisis intragrupal:</u> GE: +1,15 cm / p<0,05 GC: -0,98 cm / p>0,05</p> <p><u>Análisis intergruparal:</u> GE vs GC: p>0,05</p>	<p>El NHE mejora la fuerza explosiva isquiotibial mediante la prueba del sprint 10m y del salto vertical (CMV).</p>

<p>Ishoi L y col. 2017 (48)</p> <p>Effects of the Nordic Hamstring exercise on sprint capacity in male football players: a randomized controlled trial</p> <p>PEDro: 7/10</p>	<p>Edad: 19,4 ± 2,1 años (GC) 19,1 ± 2,8 años (GE)</p> <p>Talla: 180,7 ± 6,5 cm (GC) 180,7 ± 7,3 cm (GE)</p> <p>Peso: 77,0 ± 8,7 kg (GC) 76,2 ± 11,9 kg (GE)</p> <p>Muestra: 25 futbolistas masculinos amateurs</p> <p>Intervención: NHE durante 10 semanas siguiendo el protocolo de entrenamiento del <i>Anexo 16</i></p> <p>GC: 14 (entrenamientos de futbol habituales) GE: 11 (NHE+entrenamientos de futbol habituales)</p>	<p>- Evaluar la eficacia de un programa con NHE sobre la flexibilidad de los isquiotibiales en ambas piernas.</p> <p>- Evaluar la eficacia de un programa con NHE sobre pico de torque excéntrico de los isquiotibiales en ambas piernas.</p> <p>- Evaluar la eficacia que tiene un programa de NHE sobre la fuerza muscular explosiva isquiotibial en futbolistas masculinos amateurs.</p>	<p>- Uso del test AKE para valorar el rango de extensión activa de rodilla (= flexibilidad de los isquiotibiales).</p> <p>- Uso del prototipo 'testing field device' para medir el pico de torque excéntrico de los isquiotibiales durante tres repeticiones de calentamiento seguido de quince repeticiones de NHE.</p> <p>- Uso del sprint test 10 m con células fotoeléctricas para medir la fuerza explosiva isquiotibial. Se realizó la media de los tiempos de sprint de 4x6 sprint.</p>	<p>Flexibilidad</p> <p><u>Análisis intragrupal:</u> GE: +2,2° / p=0,478 GC: +1,4° / p=0,06</p> <p><u>Análisis intergruparal:</u> GE vs GC: p=0,815</p> <p>Pico de fuerza excéntrico</p> <p><u>Análisis intragrupal:</u> GE: +19% / p<0,01 GC: -2% / p>0,05</p> <p><u>Análisis intergruparal:</u> GE vs GC: p=0,006</p> <p>Fuerza muscular explosiva</p> <p><u>Análisis intragrupal:</u> GE: -0,045 s / p<0,05 GC: +0,002 s / p>0,05</p> <p><u>Análisis intergruparal:</u> GE vs GC: p=0,00</p>	<p>NHE mejora la fuerza muscular excéntrica de los isquiotibiales y la fuerza explosiva isquiotibial con la prueba del sprint.</p> <p>No mejora de manera significativa la flexibilidad.</p>
<p>Rey E y col. 2017 (49)</p> <p>Effects of a 10-Week Nordic Hamstring Exercise and Russian Belt Training on Posterior Lower-Limb Muscle Strength in Elite Junior Soccer Players.</p> <p>PEDro: 8/10</p>	<p>Edad: 17.3 ± 0.9 años (GC) 17.4 ± 0.8 años (GE1) 17.3 ± 0.8 años (GE2)</p> <p>Talla: 175.7 ± 5.1 cm (GC) 176.5 ± 5.9 cm (GE1) 174.8 ± 4.8 cm (GE2)</p> <p>Peso: 68.2 ± 6.3 kg (GC) 68.9 ± 7.5 kg (GE1) 67.9 ± 5.7 kg (GE2)</p> <p>Muestra: 47 futbolistas masculinos juveniles de elite</p> <p>Intervención: NHE y Russian belt exercise durante 10 semanas siguiendo el protocolo de entrenamiento del <i>Anexo 17</i></p> <p>GC: 16 (entrenamientos de futbol habituales) GE1: 16 (NHE+entrenamientos de futbol habituales) GE2: 15 (Russian belt (RB) exercise +entrenamientos de futbol habituales)</p>	<p>Estudiar los efectos de dos ejercicios excéntricos (NHE y Russian belt exercise (RB)) sobre la fuerza muscular excéntrica de los isquiotibiales en ambas piernas en futbolistas juveniles de elite.</p>	<p>Se utiliza el Single Leg Hamstring Bridge (SLHB) test para medir la fuerza muscular excéntrica de los isquiotibiales. Se registra el número de repeticiones máximas realizadas durante el test para medir la fuerza muscular excéntrica de los isquiotibiales en las dos piernas: pierna derecha (PDe) y la pierna izquierda (PIz).</p>	<p>Fuerza muscular excéntrica</p> <p><u>Análisis intragrupal:</u></p> <p>- SLHB PDe GE1: +25,52% IC [10.3;40.75] GE2: +18,33% IC [4.01;32.66] GC: no significativo</p> <p>- SLHB PIz GE1: +28,92% IC [11.37;46.46] GE2: +20,08% IC [5.84;34.33] GC: no significativo</p> <p><u>Análisis intergruparal:</u></p> <p>GE1 vs GC: p<0,05 GE2 vs GC: p<0,05 GE1 vs GE2: p>0,05</p>	<p>El NHE y el RB son ejercicios excéntricos que aumentan la fuerza muscular excéntrica de los isquiotibiales.</p>

<p>Mancera S y col. 2016 (50)</p> <p>Effectiveness of a Nordic training protocol on muscle power in soccer players of Club Deportivo la Equidad Seguros</p> <p>PEDro: 9/10</p>	<p>Edad: 16,0 ± 0,95 años (GC) 16,0 ± 0,47 años (GE)</p> <p>Talla: 176 ± 7 cm (GC) 175 ± 6 cm (GE)</p> <p>Peso: 67,9 ± 8,72 kg (GC) 63,2 ± 5,61 kg (GE)</p> <p>Muestra: 21 futbolistas masculinos juveniles de elite</p> <p>Intervención: NHE durante 7 semanas siguiendo el protocolo de entrenamiento del <i>Anexo 18</i></p> <p>GC: 12 (entrenamientos de futbol habituales) GE: 9 (NHE+entrenamientos de futbol habituales)</p>	<p>- Determinar los efectos de un programa con NHE sobre la fuerza muscular explosiva isquiotibial en futbolistas juveniles de elite.</p> <p>- Determinar los efectos de un programa con NHE sobre la activación neuromuscular de los isquiotibiales en futbolistas juveniles de élite.</p>	<p>- Se utiliza el Counter Movement Jump test para medir la fuerza muscular explosiva isquiotibial de los jugadores. Se repite el test 3 veces y se registra el salto más alto.</p> <p>- Se utiliza el sEMG para medir la activación neuromuscular (ángulo de mayor reclutamiento motor en °) de los isquiotibiales de la pierna dominante durante la realización del NHE.</p>	<p>Fuerza muscular explosiva</p> <p><u>Análisis intragrupal:</u> GE: +2,5 cm / p=0,021 GC: -0,8 cm / p=0,781</p> <p><u>Análisis intergrupar:</u> GE vs GC: p>0,05</p> <p>Activación neuromuscular</p> <p><u>Análisis intragrupal:</u> GE: -13,4° / p=0,024 GC: -3,2° / p=0,409</p> <p><u>Análisis intergrupar:</u> GE vs GC: p<0,05</p>	<p>El NHE mejora la activación neuromuscular de los isquiotibiales.</p> <p>También aumenta de manera significativa la fuerza muscular explosiva de los isquiotibiales mediante la prueba del salto vertical (CMV).</p>
<p>Sebelien C y col. 2014 (51)</p> <p>Effects of implementing Nordic hamstring exercises for semi-professional soccer players in Norway</p> <p>PEDro: 5/10</p>	<p>Edad: 18-29 años (GC) 20-36 años (GE)</p> <p>Muestra: 27 futbolistas masculinos semiprofesionales</p> <p>Intervención: NHE durante 5 semanas siguiendo el protocolo de entrenamiento del <i>Anexo 19</i></p> <p>GC: 11 (entrenamientos habituales de fútbol) GE: 16 (NHE+entrenamientos habituales de fútbol)</p>	<p>- Evaluar los efectos de un programa con NHE sobre la fuerza muscular explosiva isquiotibial en futbolistas masculinos semiprofesionales.</p> <p>- Estudiar los efectos de un programa con NHE sobre la fuerza muscular excéntrica de los isquiotibiales de la PD en futbolistas masculinos semiprofesionales.</p> <p>- Analizar los efectos de un programa con NHE sobre la tasa de lesiones isquiotibiales en futbolistas masculinos</p>	<p>- Se utiliza el sprint test 10 m con células fotoeléctricas para medir la fuerza explosiva isquiotibial de los jugadores. Se realizan 3 intentos y se registra el mejor tiempo de los tres.</p> <p>- Se utiliza un dinamómetro isocinético para medir el pico de torque excéntrico de los isquiotibiales: 3 contracciones excéntricas voluntarias máximas de la PD y se registra el mejor intento.</p>	<p>Fuerza muscular explosiva</p> <p><u>Análisis intragrupal:</u> GE: -0.03 s / p=0,005 GC: no significativo</p> <p><u>Análisis intergrupar:</u> GE vs GC: p<0,05</p> <p>Pico de fuerza excéntrico</p> <p><u>Análisis intragrupal:</u> GE: -2% / p>0,05 GC: -7% / p>0,05</p> <p>Tasa de lesiones</p> <p>GE: 0 lesiones GC: 6 lesiones GE vs GC: p=0,010</p>	<p>El NHE mejora la fuerza muscular explosiva isquiotibial mediante la prueba del sprint y reduce la tasa de lesiones.</p>
<p>Iga J y col. 2012 (52)</p> <p>Nordic hamstrings exercise - engagement characteristics and training responses.</p> <p>PEDro: 4/10</p>	<p>Edad: 22.3 ± 3.9 años (GC) 23.4 ± 3.3 años (GE)</p> <p>Talla: 185 ± 9 cm (GC) 177 ± 7 cm (GE)</p> <p>Peso: 78.0 ± 11.1 kg (GC) 78.0 ± 8.20 kg (GE)</p> <p>Muestra: 18 futbolistas masculinos profesionales</p> <p>Intervención: NHE durante 4 semanas; siguiendo el protocolo de entrenamiento del <i>Anexo 20</i></p> <p>GC: 8 (entrenamientos habituales de fútbol) GE: 10 (NHE+entrenamientos habituales de fútbol)</p>	<p>- Evaluar los efectos de un programa con NHE sobre la fuerza muscular excéntrica de los isquiotibiales de ambas piernas en futbolistas masculinos profesionales.</p> <p>- Evaluar los efectos de un programa con NHE sobre la activación neuromuscular de los isquiotibiales de ambas piernas en futbolistas masculinos profesionales.</p>	<p>- Se utiliza un dinamómetro isocinético (System-3, Biodex Corp., Shirley, NY, USA) para medir el pico de torque excéntrico de los isquiotibiales: 4 contracciones excéntricas voluntarias máximas de ambas piernas y se registra el mejor intento.</p> <p>- Se utiliza un sEMG para medir la activación neuromuscular de los isquiotibiales de ambas piernas durante la realización del NHE.</p>	<p>Pico de fuerza excéntrico</p> <p><u>Análisis intragrupo:</u> GE: +21% p<0,05 GC: + 4% p>0,05</p> <p><u>Análisis intergrupo:</u> GE vs GC: p<0,05</p> <p>Activación neuromuscular</p> <p>Disminución del ángulo de mayor reclutamiento motor de los isquiotibiales no significativo.</p>	<p>El NHE aumenta la fuerza muscular excéntrica de los isquiotibiales y mejora la activación neuromuscular de los isquiotibiales de manera no significativa.</p>

B- ANALISIS DOMINANCIAS DE LA POBLACIÓN

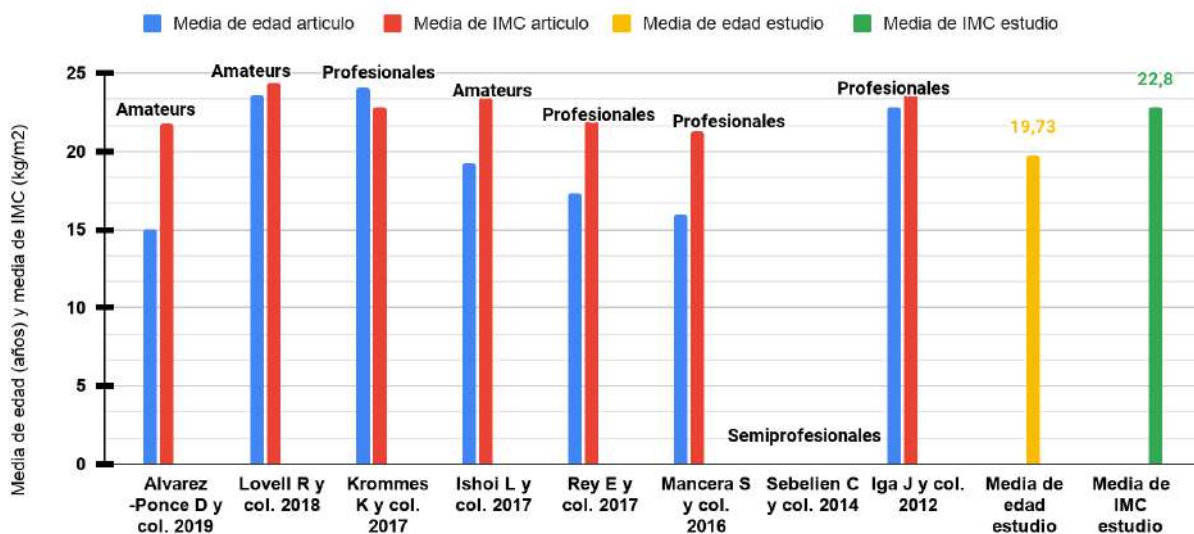


Figura 2: Gráfico de las dominancias de población de los futbolistas del estudio.

- **Sexo**

Dentro de los ocho artículos seleccionados el 100% de los participantes son de sexo masculino.

- **Edad**

> La media de edad de los futbolistas que han participado en los ensayos clínicos de este estudio es de 19,7 años. Sin embargo, como lo demuestra la *Figura 2* este cálculo se ha hecho sin la media de edad del artículo de Sebelien C y col. ya que esta última no está mencionada. De este último artículo sólo sabemos que los jugadores tienen entre 18 y 36 años.

> Dentro del artículo científico de Alvarez-Ponce D y col. se encuentra el jugador más joven del estudio con 14 años. Por otro lado, se encuentra el jugador con mayor edad en Sebelien C y col. con 36 años.

- **Talla y peso**

> La talla corporal de los jugadores se sitúa entre 1,70 m y 1,85 m, con un media de 1,77 m.

> El peso corporal de los jugadores se sitúa entre 62 kg y 78 kg, con una media de 72,15 kg.

- **IMC**

> La media del índice de masa corporal de los jugadores en este estudio es 22,8 kg/m². Sin embargo, como lo demuestra la *Figura 2* este cálculo se ha hecho sin la media de IMC del artículo de Sebelien C y col. ya que esta última no está mencionada.

> Dentro del artículo científico de Mancera S y col. se encuentra la media de IMC más baja del estudio con 21,25 kg/m². Por otro lado, en Lovell R y col. se encuentra la media de IMC más alta con 24,4 kg/m².

- **Nivel de competición**

> De los 222 jugadores que forman parte de este estudio, 105 son profesionales (47%), 27 son semiprofesionales (12%) y 90 son amateurs (41%).

C- ANÁLISIS DOMINANCIAS METODOLÓGICAS

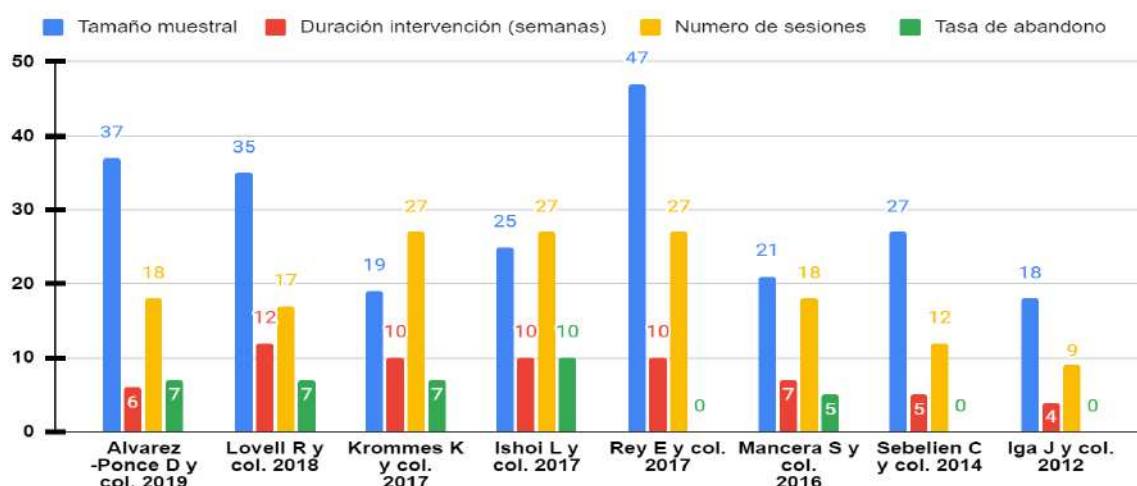


Figura 3: Gráfico de las dominancias metodológicas de los artículos seleccionados en este estudio.

- **Tamaño muestral**

> La media del tamaño muestral en este estudio es de 28,625 participantes. Además, como se puede observar en la *Figura 3*, Iga J y col. presentan la muestra más pequeña con 18 participantes contra 47 participantes como muestra más grande en el estudio de Rey E y col.

- **Repartición de grupos**

> Seis artículos (Alvarez-Ponce D y col., Krommes K y col., Ishoi L y col., Mancera S y col., Sebelien C y col., Iga J y col.) tienen un único grupo control y un único grupo experimental.

> Dos artículos tienen dos grupos experimentales y un grupo control. En efecto, Lovell R y col. presenta un grupo experimental antes del entrenamiento de fútbol, un grupo experimental después del entrenamiento de fútbol y un grupo control. Por otro lado, Rey y col. presenta un grupo experimental para un tipo de ejercicio excéntrico (NHE), un grupo experimental para otro tipo de ejercicio excéntrico (RB) y un grupo control.

- **Tipo de intervención**

> Seis artículos (Lovell R y col., Krommes K y col., Ishoi L y col., Mancera S y col., Sebelien C y col., Iga J y col.) utilizan únicamente el ejercicio nordico de isquiotibiales como protocolo de intervención.

> Dos artículos utilizan otros ejercicios excéntricos más dentro del protocolo de intervención. En efecto, Alvarez-Ponce D y col. integra un programa de seis ejercicios excéntricos (Peso muerto bipodal; Kick controlado; Peso muerto unipodal; Contra resistencia manual; NHE; Supino con balón suizo) dentro de su protocolo de intervención. Por otro lado, Rey E y col. utiliza el NHE en un protocolo de intervención y el Russian belt exercise en otro.

- **Duración de la intervención**

> El tiempo medio de intervención en este estudio es de 8 semanas. La intervención más corta del estudio es de 4 semanas en el artículo de Iga J y col. mientras que la más larga es de 12 semanas en Lovell R y col.

- **Número de sesiones**

> En esta revisión el número medio de sesiones de ejercicios excéntricos realizado es de 20,125 sesiones. Se ha realizado un número mínimo de sesiones en el artículo de

Iga J y col. con 9 sesiones mientras que se ha realizado el número máximo de sesiones en Krommes K y col., Ishoi L y col. y Rey E y col. con 27 sesiones.

- **Tasa de abandonos**

> La tasa media de abandonos en este estudio es de 4,5 participantes. La tasa de abandonos más importante es de 10 participantes en Ishoi L y col. contra ningún abandono como tasa mínima en Iga y col. y Sebelien y col.

- **Herramientas de valoración**

> Lovell R y col., Iga J y col. y Sebelien C y col. utilizan un dinamómetro isocinético para medir la fuerza muscular excéntrica de los isquiotibiales mientras que Ishoi L y col. utiliza una plataforma 'testing field device' y Rey E y col. utiliza el Single Leg Hamstring Bridge test.

> Krommes K y col., Ishoi L y col y Sebelien C y col. utilizan el sprint test de 10 metros para medir la fuerza explosiva isquiotibial de los jugadores.

> Krommes K y col. y en Mancera S y col. utilizan la prueba del salto (Counter Movement Jump Test) para medir la fuerza explosiva isquiotibial de los jugadores.

> Ishoi L y col. y Alvarez Ponce D y col. utilizan el test de AKE para medir la flexibilidad muscular isquiotibial.

> Lovell R y col. estudian la longitud del fascículo del BF mediante la ecografía. Lovell R y col., Iga J y col., Mancera S y col. analizan la activación neuromuscular mediante un electromiograma de superficie.

D- ANÁLISIS DOMINANCIAS SEGÚN LOS OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- **Fuerza muscular de los isquiotibiales**

- ❖ **Fuerza excéntrica**

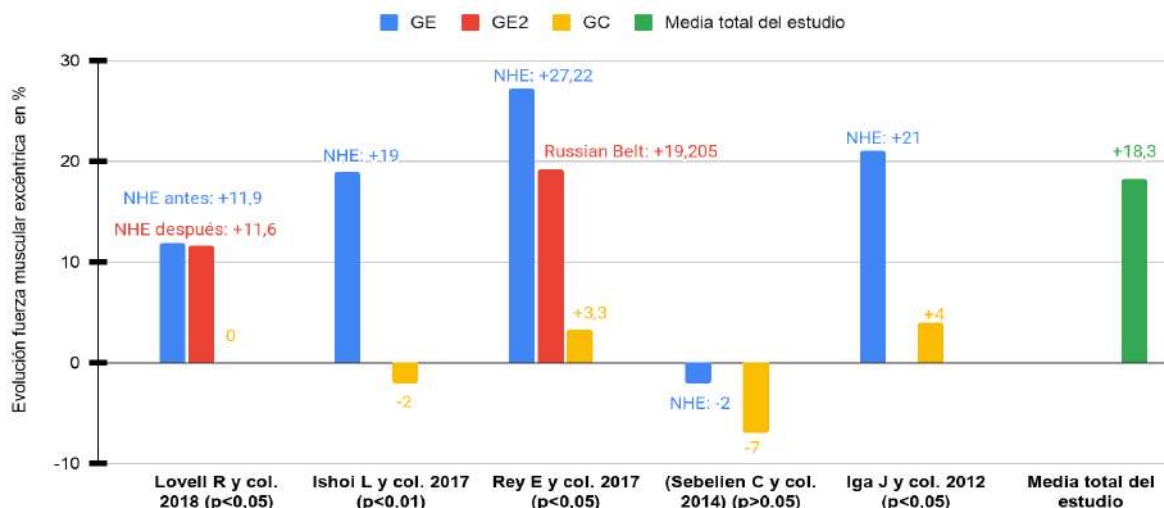


Figura 4: Gráfico del porcentaje medio de evolución de la fuerza muscular excéntrica de los isquiotibiales.

> En la *Figura 4*, a parte de Sebelien C y col. se puede observar un aumento significativo intergrupar (GE vs GC y GE2 vs GC) de la fuerza muscular excéntrica de los isquiotibiales en los cuatro otros artículos. En Lovell R y col. obtuvieron una diferencia de fuerza excéntrica pre y post test mayor en los grupos experimentales respecto al grupo control (GE +11,9%, GE2 +11,6% vs GC 0%). Luego, en Ishoi L y col. evaluaron un aumento pre y post test de 19% de fuerza excéntrica en el grupo experimental contra una disminución de 2% en el grupo control. Después, en Rey E y col. analizaron una mejora de fuerza excéntrica pre y post test más importante en los

grupos experimentales respecto al grupo control (GE +27,22%, GE2 +19,205%, GC +3,3%). A continuación, en Iga J y col. observaron un aumento pre y post test de 21% de fuerza excéntrica en el grupo experimental contra un aumento de 4% en el grupo control.

> En Lovell R y col y Rey E y col. no obtuvieron una diferencia intergrupala estadísticamente significativa entre los dos grupos experimentales (GE vs GE2).

> La media total del aumento de fuerza muscular excéntrica de isquiotibiales de este estudio es de 18,33%, siendo +27,22% el mayor porcentaje de aumento de fuerza en el GE de Rey y col. contra -2% en Sebelien y col. Sin embargo, el resultado de Sebelien y col. queda no significativo.

❖ Fuerza explosiva

> Se observa una mejora significativa intergrupala (GE vs GC) de los tiempos de sprint realizados por los futbolistas sobre una distancia de 10 m en el artículo de Krommes K y col., Ishoi L y col. y Sebelien C y col. En efecto, en Krommes K y col. los participantes del grupo experimental disminuyeron el tiempo de sprint de 0,1 segundos entre el pre y post test contra una aumentación de 0,05 segundos en el grupo control. Luego, en Ishoi L y col. tuvo una mejora del rendimiento de sprint entre el pre y post test en el grupo experimental (-0,045 s) contra un empeoramiento de este mismo en el grupo control (+0,002 s). A continuación, en Sebelien C y col. obtuvieron una disminución del tiempo de sprint entre el pre y post test en el grupo experimental (-0,03 s) contra ninguna modificación de este mismo en el grupo control.

> Por otra parte, con la prueba del salto, se puede observar en Krommes K y col. y en Mancera S y col. que los participantes del grupo experimental han mejorado significativamente sus capacidades de salto de +1,15 cm y +2,5 cm respectivamente respecto al grupo control (-0,98 cm y -0,8 cm).

● Flexibilidad muscular de los isquiotibiales

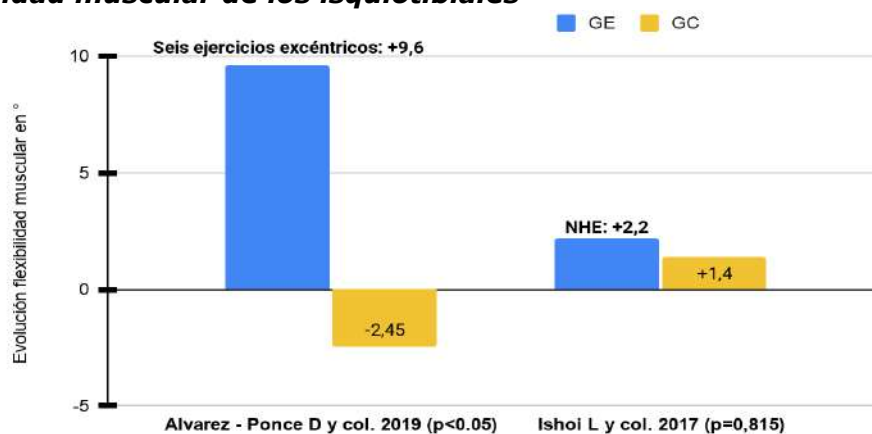


Figura 5: Gráfico de la evolución media de la flexibilidad de los isquiotibiales en °.

> En la Figura 5, se observa un aumento significativo intergrupala (GE vs GC) de la flexibilidad muscular isquiotibial en el artículo de Alvarez-Ponce D y col. Por otro lado, no se observa este cambio significativo en el artículo de Ishoi y col.

> En Alvarez-Ponce D y col. obtuvieron un aumento de flexibilidad isquiotibial pre y post test mayor en el grupo experimental (+9,6°) respecto al grupo control (-2,45°).

> En Ishoi L y col. estudiaron una mejora de la flexibilidad isquiotibial pre y post test ligeramente mayor en el grupo experimental (+2,2°) respecto al grupo control (+1,4°). Sin embargo, en Ishoi y col. esto no es significativo.

● **Arquitectura y activación neuromuscular isquiotibial**

Artículos	Longitud de fascículo BF (cm)			Ángulo de flexión de rodilla de mayor reclutamiento motor (°)	
Lovell R y col. 2018	GE1* (NHE antes) +1,58 cm	GE2 (NHE después) -0,29 cm	GC -0,67 cm	GE1*: Mayor activación neuromuscular del BF entre 0 y 30° de flexión de rodilla.	
Mancera S y col. 2016				GE* (NHE) -13,4°	GC -3,2°
Iga J y col. 2012				GE (NHE) -5,5°	GC -1,5°

*p valor <0,05

Figura 6: Tabla de la arquitectura y activación neuromuscular de los isquiotibiales.

> Primero, un único artículo estudió los efectos de los ejercicios excéntricos sobre la longitud del fascículo muscular del bíceps femoral (BF). En efecto, en Lovell y col. demostraron que la longitud del fascículo del bíceps femoral aumenta significativamente en los futbolistas que realizan el NHE antes del entrenamiento (GE1: +1,58 cm, IC[0,48;2,68]) respecto a los que lo realizan después (GE2: -0,29 cm) y al grupo control (GC: -0,67 cm).

> A continuación, tres artículos estudiaron los cambios en el ángulo de flexión de rodilla de mayor reclutamiento motor de los isquiotibiales mediante la intervención con NHE. En Mancera S y col. estudiaron que este ángulo disminuye de manera significativa entre el pre y post test del grupo experimental (-13,4°) respecto al grupo control (-3,2°). Significa que los participantes del grupo experimental son capaces de generar un mayor brazo de palanca al nivel de la rodilla y sostener una mayor carga excéntrica durante el NHE respecto al grupo control. También hubo cambios significativos en la activación neuromuscular de los isquiotibiales, precisamente del bíceps femoral en los participantes del GE1 en Lovell R y col. En efecto, se encontró una mayor activación neuromuscular del BF entre 0 y 30° de flexión de rodilla, en futbolistas que realizan NHE antes del entrenamiento (GE1: Delta medio de +78%, p<0,05) respecto a los que lo realizan después del entrenamiento (GE2: Delta medio de +48%, p>0,05) o al grupo control (GC: Delta medio de -24,75%, p>0,05). Es decir que hay una mayor activación neuromuscular en el GE1 cuando la rodilla está más extendida y por lo tanto una mayor capacidad a sostener carga excéntrica durante el NHE respecto al GE2 o el GC. Por otro lado, en Iga J y col. encontraron también una disminución de este ángulo de mayor reclutamiento motor en el grupo experimental respecto al grupo control. Sin embargo, este resultado no es significativo.

5. DISCUSIÓN

Tras esta revisión bibliográfica se han seleccionado ocho ensayos clínicos aleatorizados que cumplen con los criterios de inclusión y exclusión para poder estudiar si los ejercicios excéntricos son efectivos a la hora de prevenir las lesiones musculares isquiotibiales en los futbolistas de 14 a 36 años.

Primero, de cara a las **dominancias poblacionales**, no se observa una relación muy significativa entre la edad, el IMC y el nivel competitivo de los participantes (Figura 2). En efecto, parecería lógico que los jugadores con un nivel competitivo amateurs tengan un IMC más alto que los jugadores profesionales. Esta lógica parece funcionar cuando los participantes que se comparan tienen la misma edad. Sin embargo, no es

el caso en este estudio ya que los participantes presentan una heterogeneidad de edad. En general la única relación que se puede sacar de esta *Figura 2* es que los jugadores mayores en Lovell R y col., Krommes K y col. e Iga J y col. presentan un IMC ligeramente superior que los jugadores más jóvenes de los artículos restantes. Luego, el estudio incluye también participantes que tienen por media un IMC entre 21,25 kg/m² y 24,4 kg/m². Entonces se puede afirmar que los participantes en todos los artículos del estudio presentan un IMC bastante homogéneo ya que tienen un IMC normal según la OMS (18,5-24,9 kg/m²).

Segundo, en cuanto a las **dominancias metodológicas**, no se puede establecer muchas relaciones significativas entre el tamaño muestral, la duración de intervención, el número de sesiones y la tasa de abandonos (*Figura 3*). Únicamente se puede afirmar en general que los artículos con la mayor duración de intervención, es decir 10 semanas en Krommes K y col., Ishoi L y col., Rey E y col., son los estudios donde los participantes han realizado el mayor número de sesiones de ejercicios excéntricos con 27 sesiones realizadas. Por otro lado, los artículos con menor duración de intervención (Alvarez Ponce D y col., Sebelien C y col., Mancera S y col., Iga J y col.) son los que han realizado un menor número de sesiones. Sin embargo, se debe tomar en cuenta una excepción en Lovell R y col. donde los participantes han realizado 17 sesiones a través de 12 semanas de intervención.

Tercero, respecto a los **resultados**, cinco artículos han analizado la **fuerza muscular excéntrica de los isquiotibiales** (*Figura 4*). Estos permiten evidenciar que por lo general los ejercicios excéntricos de isquiotibiales son efectivos a la hora de prevenir las lesiones isquiotibiales en los futbolistas. En esta revisión, en media se aumenta de unos 18,3% la fuerza muscular excéntrica de los isquiotibiales. Estos resultados son similares a los obtenidos en Mjolsnes R y col. 2004(53) donde se concluye que el ejercicio excéntrico es más efectivo que el ejercicio concéntrico en cuanto al aumento de fuerza muscular de los isquiotibiales en los futbolistas después de diez semanas de intervención. También estos resultados están en acuerdo con lo que evidencia el metanálisis de Cuthbert M y col. 2020(54) donde la consistencia del estudio está de moderada a alta en cuanto a la ganancia de fuerza muscular de los isquiotibiales mediante el ejercicio excéntrico para prevenir las lesiones isquiotibiales.

De los cinco artículos que miden la fuerza muscular excéntrica isquiotibial (*Figura 4*) todos menos Sebelien C y col. han obtenido un aumento significativo de esta variable clínica en los grupos experimentales respecto a los grupos controles. En efecto, únicamente en Sebelien C y col. se ha obtenido una disminución de la fuerza muscular excéntrica tanto en el grupo experimental (NHE: -2%) como en el grupo control (-7%). Esta diferencia entre estos artículos se puede explicar por el hecho de que los participantes en Sebelien C y col. no han desarrollado la fuerza muscular máxima durante la prueba isocinética posterior a la intervención. En efecto, los participantes han reportado dolor muscular durante la prueba isocinética pretest y por la preocupación de los entrenadores, los jugadores no han realizado fuerzas máximas al postest para evitar otra vez estos dolores musculares. Después, la diferencia entre el grupo experimental y control en Sebelien C y col. se podría explicar por una falta de cegamiento de los participantes. En efecto, los participantes del grupo control podrían ser desmotivados a la hora de saber que no están dentro del grupo que permite prevenir lesiones de isquiotibiales y eso puede explicar la disminución de fuerza más importante respecto al grupo experimental. De todas formas, los resultados dentro de Sebelien C y col. no son significativos respecto a los otros artículos.

Por otro lado, de los cuatro artículos restantes que han utilizado el ejercicio nordico (NHE) como intervención, los futbolistas profesionales son los que han desarrollado el mayor aumento de fuerza excéntrica (Rey E y col. e Iga J y col.). Luego, es en Rey E y col. que el grupo experimental ha obtenido el mayor porcentaje de aumento de fuerza muscular excéntrica (+27,22%) respecto a Lovell R y col. (GE: +11,9% y GE2: +11,6%), Ishoi L y col. (+19%) e Iga J y col. (+21%). Una primera hipótesis que puede explicar esta diferencia es que en Rey E y col. no se utiliza la misma herramienta de valoración que en los otros artículos. En efecto, este último es el único que utiliza un test muscular (Single Leg Hamstring Bridge) respecto a los otros que utilizan un dinamómetro isocinético (Lovell R y col. e Iga J y col.) o un prototipo de medida de fuerza (Ishoi L y col.). Por lo tanto, en Rey y col. la medida de la fuerza muscular excéntrica se hace de manera indirecta ya que se mide en función del número de repetición máxima que realiza el participante durante el test. Al contrario, en Lovell R y col, Ishoi L y col. e Iga J y col. se mide de manera directa dando un valor numérico a la fuerza excéntrica isquiotibial. Además, otra hipótesis es que en el test muscular de Rey E y col. no sólo están implicados los isquiotibiales en la realización del test sino que también hay otros músculos como los glúteos que se pueden activar y que pueden jugar un papel en el número de repeticiones realizadas. Pues, este test no es tan específico para medir de forma analítica la fuerza excéntrica de los isquiotibiales mientras que el dinamómetro isocinético o el prototipo de medida de fuerza parecen ser la prueba gold estándar para medir esta última de forma analítica. También, puede influir el tamaño muestral que es más importante en Rey E y col. respecto a Lovell R y col, Ishoi L y col. e Iga J y col.

A continuación, únicamente dos artículos han comparado el ejercicio nordico de isquiotibiales (NHE) con otra modalidad o tipo de ejercicio excéntrico. En efecto, en Lovell R y col. se ha encontrado que la fuerza muscular excéntrica aumenta tanto para los participantes que realizan el NHE antes del entrenamiento (GE: +11,9%) como para los que lo realizan después (GE2: +11,6%). Sin embargo, no se evidencia una diferencia significativa entre los dos grupos. Por otra parte, en Rey E y col. se ha comparado una intervención con NHE (GE: +27,22%) y otra con el Russian Belt exercise (GE2: +19,205%). De estas dos intervenciones los participantes que han realizado el NHE han desarrollado una mayor fuerza excéntrica que los que han realizado el Russian Belt exercise. Sin embargo, también estos resultados no son significativos entre los dos grupos. Por lo tanto, a través de este estudio no se puede evidenciar si un tipo de ejercicio excéntrico en concreto es más efectivo que otro en cuanto a la ganancia de fuerza muscular excéntrica. Sería interesante en futuros estudios comparar varias intervenciones con diferentes ejercicios excéntricos para comprobar cual de estos podría ser más efectivo respecto al aumento de fuerza muscular excéntrica de los isquiotibiales.

Cuarto, en esta revisión se puede evidenciar que el uso del ejercicio excéntrico, precisamente el ejercicio nordico de isquiotibiales, mejora de manera significativa la **fuerza muscular explosiva isquiotibial** de los futbolistas medida por la prueba del sprint 10m o la prueba del salto vertical. En este sentido permite prevenir las lesiones isquiotibiales.

En efecto, tres artículos (Krommes K y col., Ishoi L y col. y Sebelien C y col.) que valoran la fuerza explosiva mediante la prueba del sprint sobre 10 m han encontrado una mejora significativa de los tiempos de sprint después de una intervención con el ejercicio nordico de isquiotibiales. Estos resultados parecen similares a los obtenidos

en Askling C y col. 2003(55) donde unos futbolistas profesionales han mejorado sus capacidades de sprint y por lo tanto la fuerza explosiva después de una intervención con ejercicio excéntrico de isquiotibiales. Sin embargo, los resultados obtenidos en Askling C y col. son ligeramente diferentes a los de este estudio ya que los tiempos de sprint se han medido sobre una distancia de 30 m y que la intervención contiene también contracciones concéntricas de isquiotibiales. En efecto, en esta revisión Krommes K y col. ha obtenido el mejor resultado de cara al tiempo de sprint (-0,1 s) contra -0,045 s en Ishoi L y col. y -0,03 s en Sebelien C y col. Ahí, se puede cuestionar el hecho de que Sebelien C y col. presenta el resultado más bajo de los tres artículos. Es interesante observar una diferencia ya que los participantes en Sebelien C y col. han tenido menos duración de intervención y menos sesiones de ejercicio excéntrico respecto a Krommes K y col. e Ishoi L y col. Entonces, puede ser que los participantes no han desarrollado suficiente fuerza respecto a los dos otros artículos y eso se refleja en el tiempo de sprint realizado. También eso se relaciona con los resultados anteriores en cuanto a la fuerza muscular excéntrica donde en Sebelien C y col. los futbolistas son los que han desarrollado menor fuerza muscular excéntrica respecto a los otros artículos del estudio. Además, es interesante analizar que el resultado de cara al tiempo de sprint es diferente entre Krommes K y col. e Ishoi L y col. aunque estos dos artículos utilizan exactamente el mismo programa de intervención con la misma duración y los mismos números de sesiones que se deben realizar. Una primera hipótesis que puede explicar esta heterogeneidad de resultados es que la media de edad en Ishoi L y col. es más baja que en Krommes K y col. En efecto, se debe tomar en cuenta que la maduración del organismo a nivel hormonal, cognitivo, fisiológico etc en un ser humano adolescente no es la misma que un individuo adulto. Otra hipótesis probable es que los participantes en Ishoi L y col. son amateurs aunque son profesionales en Krommes K. y col. En efecto, el hecho de que la intervención sea aplicada a una población profesional resulta que se obtiene una mayor compliancia de esta última (Krommes K y col. 100%) aunque en Ishoi L y col. solo se ha obtenido un 70% de compliancia de cara a la intervención en una población amateurs. Por lo tanto, los futbolistas han completado un mayor número de sesiones de ejercicio excéntrico a lo largo del estudio en Krommes K y col. y eso puede explicar esta diferencia de resultado con Ishoi y col.

Por otro lado, dos artículos (Krommes K y col. y en Mancera S y col.) han reportado que los futbolistas han mejorado la fuerza explosiva isquiotibial, medida por la prueba de salto vertical, después de una intervención con el ejercicio nordico de isquiotibiales. Estos resultados son similares en el estudio de Clark R y col. 2005(56) donde futbolistas australianos han mejorado sus capacidades de salto vertical y de fuerza explosiva después de una intervención con ejercicios nórdicos de isquiotibiales durante cuatro semanas.

Sin embargo, se debe considerar en esta revisión que la prueba del sprint 10m o la prueba del salto vertical no son herramientas de valoración que permiten valorar de forma directa las propiedades fisiológicas musculares y la fuerza explosiva de los isquiotibiales. La mayoría de las veces son herramientas que se utilizan para medir el rendimiento del futbolista que es algo diferente de la prevención. Por eso, en esta revisión se debe considerar que la mejora de los participantes al nivel del rendimiento del sprint y del salto vertical se traduce por una aumentación de la fuerza muscular explosiva de los isquiotibiales después de la intervención con ejercicios excéntricos. Por ejemplo, Morin y col. 2015(34) ha concluido que existe una correlación positiva entre la fuerza que desarrolla el individuo y la mejora del rendimiento en el sprint.

Quinto, dos ensayos han estudiado **la flexibilidad muscular de los isquiotibiales** en esta revisión (*Figura 5*). En cuanto a esta variable clínica no se puede evidenciar si los ejercicios excéntricos son significativamente efectivos a la hora de prevenir las lesiones isquiotibiales en los futbolistas.

En efecto, en Alvarez Ponce D y col. se ha encontrado que un programa de seis ejercicios excéntricos permite mejorar la flexibilidad muscular de los isquiotibiales de manera significativa. Estos resultados encontrados son parecidos a los obtenidos en previos estudios como en Almaz Abdel Aziem A y col. 2018(57) donde la flexibilidad isquiotibial de los participantes aumenta después de seis semanas de ejercicio excéntrico isquiotibial. Al contrario, en Ishoi y col. se ha encontrado que el ejercicio nordico de isquiotibiales no mejora de manera significativa la flexibilidad de los isquiotibiales. Por lo tanto, existe una diferencia de resultados entre Alvarez Ponce D y col. e Ishoi L y col. que se puede explicar por varias hipótesis. La primera es que los participantes en Alvarez Ponce D y col. son más jóvenes que en Ishoi y col. y por lo tanto las características anatómicas y fisiológicas diferentes puedan impactar los resultados. Otra es que el protocolo de intervención no es el mismo en los dos ensayos ya que en Alvarez Ponce D y col. se utilizan varios ejercicios excéntricos contra un único en Ishoi y col. Entonces, sería interesante realizar más estudios para comprobar si los ejercicios excéntricos son realmente efectivos para prevenir la lesión en los futbolistas de cara a la flexibilidad isquiotibial. Además, estos futuros estudios deberían utilizar el active knee extension test o el straight leg raising como herramientas de valoración gold estándar ya que son ellas que permiten medir específicamente la flexibilidad de los isquiotibiales. Otros que utilizan el sit and reach test como herramienta parecen menos fiables ya que en este caso es más difícil disociar la flexibilidad de los isquiotibiales y de los músculos lumbopelvicos.

Sexto, no se puede afirmar si una intervención con ejercicio excéntrico permite prevenir las lesiones en cuanto a la **arquitectura y activación neuromuscular de los isquiotibiales**.

En efecto, únicamente Lovell R y col. han estudiado la longitud del fascículo (arquitectura) de los isquiotibiales en este estudio (*Figura 6*). Ahí, sería necesario realizar más estudios para ver el impacto de los ejercicios excéntricos sobre la longitud del fascículo de los isquiotibiales en futbolistas. Sin embargo, Lovell R y col. han tenido resultados interesantes ya que la longitud del fascículo ha aumentado (+1,58 cm) tras la intervención en los futbolistas que han realizado el ejercicio nordico antes del entrenamiento (GE1). Estos resultados son parecidos en unos estudios previos como en Bourne MN y col. 2017(38) donde la longitud del fascículo de los isquiotibiales en unos atletas ha aumentado después de diez semanas de intervención con el ejercicio nordico de isquiotibiales. Por otro lado, debido al nivel de evidencia bajo de Lovell R y col. no se puede explicar claramente porque la longitud del fascículo ha disminuido en los participantes que han realizado el ejercicio nordico de isquiotibiales después del entrenamiento (GE2: -0,29 cm). Por lo tanto, como para la fuerza muscular excéntrica, ahí no se puede evidenciar si el ejercicio nordico es más efectivo antes o después del entrenamiento de cara a la longitud del fascículo y sería interesante realizar más estudios en este sentido.

Luego, en esta revisión tres artículos han analizado la activación neuromuscular isquiotibial de los futbolistas (*Figura 6*). De estos tres artículos dos (Lovell R y col. y Mancera S y col.) han encontrado de manera significativa que después de la intervención los futbolistas son capaces de generar un mayor pico de fuerza muscular

y una mayor activación neuromuscular cuando la rodilla está más extendida y cuando los isquiotibiales están más alargados. En otras palabras, en estos dos artículos se ha reportado que los futbolistas han sido capaces de generar un menor ángulo de flexión de rodilla y un mayor brazo de palanca de esta articulación para poder sostener una mayor carga excéntrica durante el ejercicio nordico de isquiotibiales. En efecto, en Mancera S y col. se ha medido exactamente el ángulo de flexión de rodilla de mayor reclutamiento motor y se ha reportado una disminución de este último de unos 13,4° entre el valor pre y post test. En este mismo sentido, en Lovell R y col. no se ha medido exactamente este ángulo de mayor reclutamiento motor pero se ha analizado una mejora del pico de fuerza muscular y de activación neuromuscular entre 0 y 30° de flexión de rodilla en los participantes que han realizado el ejercicio nordico antes del entrenamiento (GE1). No se han obtenido resultados significativos para los participantes que han realizado el ejercicio nordico después del entrenamiento (GE2) y eso se relaciona con los cambios arquitecturales mencionados anteriormente. En efecto, el grupo experimental donde se ha obtenido mejoras en la actividad neuromuscular corresponde al grupo que ha generado un mayor fascículo muscular (GE1). Por lo tanto, esta ganancia en longitud del fascículo puede también explicar el hecho de que los participantes son capaces de mantener una mayor carga excéntrica cuando los isquiotibiales están más alargados. Sin embargo, hay también un estudio (Iga J y col.) que concluye que la disminución del ángulo de reclutamiento motor no es significativo y eso llega a controversias con los Lovell R y col. y Mancera S y col. Esta diferencia se podría explicar por el bajo nivel de evidencia que tiene Iga J y col. y por el hecho de que en este artículo se realiza una duración de intervención y unos números de sesiones de ejercicio nordico de isquiotibiales más bajos que en Lovell R y col. y Mancera S y col (*Figura 3*).

Para acabar, a través de esta revisión un único artículo analiza la tasa de lesiones después de haber aplicado su programa de intervención (NHE). En efecto, Sebelien C y col. han reportado de manera significativa una mayor tasa de lesiones isquiotibiales en el grupo control (seis lesiones) respecto al grupo experimental (ninguna lesión) durante la intervención. Otros estudios previos, Al Attar WSA y col. 2017(5), Van Der Horst N y col. 2014(58) y Petersen J y col. 2011(59) ya han hecho esta relación de una menor tasa de lesiones de isquiotibiales en los jugadores que realizan un programa de ejercicio excéntrico de isquiotibiales. Por lo tanto, como se ha realizado en Sebelien C y col, futuros estudios podrían analizar los efectos de un programa de ejercicios excéntricos de isquiotibiales sobre los factores de riesgo de esta revisión bibliográfica y además evaluar si estos efectos han sido beneficiosos en cuanto a las tasas de lesiones para aportar cada vez más fiabilidad al programa de intervención.

6. LIMITACIONES

Dentro de las limitaciones de esta revisión bibliográfica se puede considerar que el tamaño muestral de los artículos parece bastante pequeño ya que las intervenciones se han realizado la mayoría de las veces a través de un solo equipo de fútbol. Por lo tanto, sería interesante realizar en futuros estudios las intervenciones con ejercicios excéntricos en varios equipos de fútbol para poder ampliar el tamaño muestral y poder ser más representativo de la realidad.

Luego, se debe tomar en cuenta que Lovell R y col. e Iga J y col. son dos artículos de esta revisión con un bajo nivel de evidencia sobre la escala PEDro (*Anexo 12*).

A continuación, ciertos artículos presentan bastantes heterogeneidades y en este

sentido resulta difícil de poder interpretar sus resultados. Por ejemplo, la fuerza muscular excéntrica no se ha valorado con la misma herramienta de valoración en Rey E y col. e Ishoi L y col. que en los otros estudios. También, únicamente tres estudios han utilizado exactamente el mismo protocolo de intervención (duración y número de sesiones) respecto a los otros. Entonces, sería interesante que futuros estudios analicen la fuerza excéntrica con la prueba gold estándar (dinamómetro isocinético) y que sigan un mismo protocolo de intervención para facilitar la análisis de los resultados.

También, a parte de Rey E y col. y Álvarez Ponce D y col. todos los ensayos utilizan únicamente el ejercicio nordico como intervención. Pues, sería interesante que futuros estudios analicen el impacto de otros tipos de ejercicios excéntricos sobre los factores de riesgo de las lesiones isquiotibiales para poder compararlos y sacar más conclusiones. En este sentido, el ejercicio nordico no parece ser un ejercicio muy funcional respecto al gesto deportivo del futbolista. Por eso, sería también interesante intentar incluir ejercicios excéntricos más funcionales en estos futuros estudios.

7. CONCLUSIÓN

El ejercicio excéntrico de isquiotibiales permite prevenir las lesiones musculares de isquiotibiales en futbolistas que tienen entre catorce y treinta seis años ya que tiene un efecto positivo sobre el factor de riesgo más importante de esta revisión. En efecto, permite aumentar de manera significativa la fuerza muscular excéntrica y explosiva de los isquiotibiales. De los ocho ensayos seleccionados, el ejercicio nordico de isquiotibiales (NHE) ha sido el más utilizado en esta revisión. Además, en cuanto a la fuerza excéntrica no se puede concluir si el ejercicio nordico es más efectivo antes o después del entrenamiento de los futbolistas. Tampoco se puede concluir de manera significativa si este último es más efectivo que el Russian Belt exercise. Luego, en cuanto a los otros factores de riesgo: flexibilidad, arquitectura y activación neuromuscular de los isquiotibiales no se puede considerar de manera significativa que el ejercicio excéntrico permite prevenir las lesiones musculares de isquiotibiales.

Por otro lado, tras esta revisión bibliográfica parece interesante que futuros estudios no solo analicen la efectividad de los ejercicios excéntricos sobre la fuerza muscular sino también sobre la flexibilidad, arquitectura y activación neuromuscular isquiotibial. Luego, podría ser interesante evidenciar mejor la efectividad entre el NHE y otros tipos de ejercicios excéntricos con un tamaño muestral de futbolistas más grande y un protocolo de intervención casi similar en cuanto a la duración de la intervención y al número de sesiones realizadas. A continuación, sería preferible que estos futuros estudios valoren la fuerza muscular excéntrica isquiotibial con el dinamómetro isocinético para facilitar el análisis de los resultados. También sería aconsejable que estudien unos ejercicios excéntricos más funcionales y representativos del gesto del futbolista. Por fin, sería interesante no solo realizar una análisis de la efectividad de la intervención sobre los factores de riesgo intrínsecos modificables sino también un seguimiento post intervención de los futbolistas para observar la tasa de lesiones en los grupos a lo largo de una temporada. Esto permitiría dar más fiabilidad al protocolo de intervención.

8. AGRADECIMIENTOS

A mi tutor, Oscar Muncunill Morales, por haberme ayudado a lo largo de la elaboración de este TFG cuando lo necesitaba y durante las tutorías. También agradezco a mi revisor externo, Daniel Peralta Idáñez por las aportaciones y correcciones que ha hecho en las últimas entregas del TFG. A continuación agradezco al Rafel Donat, por sus consejos dados a través de las tutorías grupales de la asignatura. Por fin, quiero agradecer a mis amigos de la universidad con quien he tenido diversos debates en relación a este TFG y que me han permitido mejorar su realización.

9. BIBLIOGRAFÍA

1. Van der Made AD, Wieldraaijer T, Kerkhoffs GM, Kleipool RP, Engebretsen L, Van Dijk CN, et al. The hamstring muscle complex. *Knee Surg Sports Traumatol Arthrosc.* 2015;23(7):2115-22. DOI: 10.1007/s00167-013-2744-0
2. Goldman EF, Jones DE. Interventions for preventing hamstring injuries: a systematic review. *Physiotherapy.*2011;97(2):91-9. DOI: 10.1016/j.physio.2010.11.011
3. López-Valenciano A, Ruiz-Pérez I, Garcia-Gómez A, Vera-Garcia FJ, De Ste Croix M, Myer GD, et al. Epidemiology of muscle injuries in professional football (soccer) - 2020. DOI: 10.1136/bjsports-2018-099577
4. Kuske B, Hamilton DF, Pattle SB, Simpson AHRW. Patterns of Hamstring Muscle Tears in the General Population: A Systematic Review. *PloS One.* 2016;11(5):e0152855. DOI: 10.1371/journal.pone.0152855
5. Al Attar WSA, Soomro N, Sinclair PJ, Pappas E, Sanders RH. Effect of Injury Prevention Programs that Include the Nordic Hamstring Exercise on Hamstring Injury Rates in Soccer Players: A Systematic Review and Meta-Analysis. *Sports Med Auckl NZ.*2017;47(5):907-16. DOI: 10.1007/s40279-016-0638-2
6. Thelen DG, Chumanov ES, Sherry MA, Heiderscheit BC. Neuromusculoskeletal models provide insights into the mechanisms and rehabilitation of hamstring strains. *Exerc Sport Sci Rev.*2006;34(3):135-41. DOI: 10.1249/00003677-200607000-00008
7. Danielsson A, Horvath A, Senorski C, Alentorn-Geli E, Garrett WE, Cugat R, et al. The mechanism of hamstring injuries – a systematic review. *BMC Musculoskelet Disord.*2020;21(1):641. DOI: 10.1186/s12891-020-03658-8
8. Heiderscheit BC, Sherry MA, Silder A, Chumanov ES, Thelen DG. Hamstring Strain Injuries: Recommendations for Diagnosis, Rehabilitation and Injury Prevention. *J Orthop Sports Phys Ther.*2010;40(2):67-81. DOI: 10.2519/jospt.2010.3047
9. Woods C, Hawkins RD, Maltby S, Hulse M, Thomas A, Hodson A, et al. The Football Association Medical Research Programme: an audit of injuries in professional football--analysis of hamstring injuries. *Br J Sports Med.*2004;38(1):36-41. DOI: 10.1136/bjism.2002.002352
10. De Hoyo M, Naranjo-Orellana J, Carrasco L, Sañudo B, Jiménez-Barroca JJ, Domínguez-Cobo S. Revisión sobre la lesión de la musculatura isquiotibial en el deporte: factores de riesgo y estrategias para su prevención. *Rev Andal Med Deporte.* 2013;6(1):30-7. DOI: 10.1016/S1888-7546(13)70032-7
11. Noya J, Sillero M. Incidencia lesional en el fútbol profesional español a lo largo de una temporada: días de baja por lesión. *Apunts Sports Med.* 2012;47(176):115-23. DOI: 10.1016/j.apunts.2011.10.001
12. Javier AO. Conceptos básicos de la prevención y readaptación de lesiones en los isquiosurales [Internet]. 2021.
13. Crema MD, Guermazi A, Tol JL, Niu J, Hamilton B, Roemer FW. Acute hamstring injury in football players: Association between anatomical location and extent of injury—A large single-center MRI report. *J Sci Med Sport.*2016;19(4):317-22. DOI: 10.1016/j.jsams.2015.04.005

14. Arnason A, Gudmundsson A, Dahl HA, Jóhannsson E. Soccer injuries in Iceland. *Scand J Med Sci Sports*.1996;6(1):40-5. DOI: 10.1111/j.1600-0838.1996.tb00069.x
15. Gabbe BJ, Bennell KL, Finch CF, Wajswelner H, Orchard JW. Predictors of hamstring injury at the elite level of Australian football. *Scand J Med Sci Sports*. 2006;16(1):7-13. DOI: 10.1111/j.1600-0838.2005.00441.x
16. Arnason A, Sigurdsson SB, Gudmundsson A, Holme I, Engebretsen L, Bahr R. Risk factors for injuries in football. *Am J Sports Med*.2004;32(1 Suppl):5S-16S. DOI: 10.1177/0363546503258912
17. Verrall G, Slavotinek J, Barnes P, Fon G, Spriggins A. Clinical risk factors for hamstring muscle strain injury: a prospective study with correlation of injury by magnetic resonance imaging. *Br J Sports Med*.2001;35(6):435-9. DOI: 10.1136/bjism.35.6.435
18. Engebretsen AH, Myklebust G, Holme I, Engebretsen L, Bahr R. Intrinsic risk factors for hamstring injuries among male soccer players: a prospective cohort study. *Am J Sports Med*.2010;38(6):1147-53. DOI: 10.1177/0363546509358381
19. Opar DA, Williams MD, Shield AJ. Hamstring Strain Injuries: Factors that Lead to Injury and Re-Injury. *Sports Med*.2012;42(3):209-26. DOI: 10.2165/11594800-000000000-00000
20. Gabbe BJ, Bennell KL, Finch CF. Why are older Australian football players at greater risk of hamstring injury? *J Sci Med Sport*.2006;9(4):327-33. DOI: 10.1016/j.jsams.2006.01.004
21. Henderson G, Barnes CA, Portas MD. Factors associated with increased propensity for hamstring injury in English Premier League soccer players - PubMed [Internet]. 2020. DOI: 10.1016/j.jsams.2009.08.003
22. Witvrouw E, Danneels L, Asselman P, D'Have T, Cambier D. Muscle flexibility as a risk factor for developing muscle injuries in male professional soccer players. A prospective study. *Am J Sports Med*.2003;31(1):41-6. DOI: 10.1177/03635465030310011801
23. Alonso J, McHugh MP, Mullaney MJ, Tyler TF. Effect of hamstring flexibility on isometric knee flexion angle-torque relationship. *Scand J Med Sci Sports*. 2009;19(2):252-6. DOI: 10.1111/j.1600-0838.2008.00792.x
24. Croisier J-L, Ganteaume S, Binet J, Genty M, Ferret J-M. Strength imbalances and prevention of hamstring injury in professional soccer players: a prospective study. *Am J Sports Med*.2008;36(8):1469-75. DOI: 10.1177/0363546508316764
25. Ekstrand J, Hägglund M, Waldén M. Injury incidence and injury patterns in professional football: the UEFA injury study. *Br J Sports Med*.2011;45(7):553-8. DOI: 10.1136/bjism.2009.060582
26. Dupont G, Nedelec M, Mccall A, McCormack D, Berthoin S, Wisloff U. Effect of 2 Soccer Matches in a Week on Physical Performance and Injury Rate. *Am J Sports Med*. 2010;38:1752-8. DOI: 10.1177/0363546510361236
27. Oh J-S, Cynn H-S, Won J-H, Kwon O-Y, Yi C-H. Effects of performing an abdominal drawing-in maneuver during prone hip extension exercises on hip and back extensor

muscle activity and amount of anterior pelvic tilt. *J Orthop Sports Phys Ther.* 2007;37(6):320-4. DOI: 10.2519/jospt.2007.2435

28. Mendiguchia J, Alentorn-Geli E, Brughelli M. Hamstring strain injuries: are we heading in the right direction? *Br J Sports Med.*2012;46(2):81-5. DOI: 10.1136/bjsm.2010.081695

29. Green B, Bourne MN, van Dyk N, Pizzari T. Recalibrating the risk of hamstring strain injury (HSI): A 2020 systematic review and meta-analysis of risk factors for index and recurrent hamstring strain injury in sport. *Br J Sports Med.* 2020;54(18):1081-8. DOI: 10.1136/bjsports-2019-100983

30. 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. DOI: 10.1136/bjsports-2015-095362

31. Van Dyk N, Bahr R, Burnett AF, Whiteley R, Bakken A, Mosler A, et al. A comprehensive strength testing protocol offers no clinical value in predicting risk of hamstring injury: a prospective cohort study of 413 professional football players. *Br J Sports Med.*2017;51(23):1695-702. DOI: 10.1136/bjsports-2017-097754

32. Freckleton G, Cook J, Pizzari T. The predictive validity of a single leg bridge test for hamstring injuries in Australian Rules Football Players. *Br J Sports Med.* 2014;48(8):713-7. DOI: 10.1136/bjsports-2013-092356

33. Rodríguez-Rosell D, Mora-Custodio R, Franco-Márquez F, Yáñez-García JM, González-Badillo JJ. Traditional vs. Sport-Specific Vertical Jump Tests: Reliability, Validity, and Relationship With the Legs Strength and Sprint Performance in Adult and Teen Soccer and Basketball Players. *J Strength Cond Res.*2017;31(1):196-206. DOI: 10.1519/JSC.0000000000001476

34. Morin J-B, Gimenez P, Edouard P, Arnal P, Jiménez-Reyes P, Samozino P, et al. Sprint Acceleration Mechanics: The Major Role of Hamstrings in Horizontal Force Production. *Front Physiol [Internet].*2015;6. DOI: 10.3389/fphys.2015.00404

35. Abrantes C, Maçãs V, Sampaio J. Variation in Football Players' Sprint Test Performance Across Different Ages and Levels of Competition. *J Sports Sci Med.* 2004;3(YISI 1):44-9.

36. Chesterton P, Evans W, Livadas N, McLaren SJ. Time-course changes associated with PA lumbar mobilizations on lumbar and hamstring range of motion: a randomized controlled crossover trial. *J Man Manip Ther.*2019;27(2):73-82. DOI: 10.1080/10669817.2018.1542558

37. Dm M, Llp M, Vb M, Jb de AR-A, Bm B. Accuracy of the functional movement screen active straight leg raise test to evaluate hamstring flexibility in soccer players. *Int J Sports Phys Ther.*2019;14(6):877-84.

38. 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. DOI: 10.1136/bjsports-2016-096130

39. Navandar A, Torres Márquez G, Garcia C, Navarro E, Rueda J. Muscular activation of quadriceps and hamstrings in different strength exercises Activación muscular de

cuádriceps e isquiotibiales en distintos ejercicios de fuerza.2014.

40. Mendez-Villanueva A, Suarez-Arrones L, Rodas G, Fernandez-Gonzalo R, Tesch P, Linnehan R, et al. MRI-Based Regional Muscle Use during Hamstring Strengthening Exercises in Elite Soccer Players. *PLoS ONE* [Internet].2016;11(9). DOI: 10.1371/journal.pone.0161356

41. Ebben WP. Hamstring activation during lower body resistance training exercises.*Int J Sports Physiol Perform.*2009;4(1):84-96. DOI: 10.1123/ijspp.4.1.84

42. Bourne MN, Williams MD, Opar DA, Al Najjar A, Kerr GK, Shield AJ. Impact of exercise selection on hamstring muscle activation. *Br J Sports Med.* 2017;51(13):1021-8. DOI: 10.1136/bjsports-2015-095739

43. Hody S, Croisier J-L, Bury T, Rogister B, Leprince P. Eccentric Muscle Contractions: Risks and Benefits. *Front Physiol.* 2019;10:536. DOI: 10.3389/fphys.2019.00536

44. Middleton P, Gaujard E, Petit H, Guillermo A, Vidal M-C, Bientz I, et al. Isokinetics: The muscular eccentric work. *Lett Médecine Phys Réadapt.*2013;29(2):70-8. DOI: 10.1007/s11659-013-0347-2

45. Ponce D, Guzmán-Muñoz E. Efectos de un programa de ejercicios excéntricos sobre la musculatura isquiotibial en futbolistas jóvenes. *Arch Med Deporte.* 2019;36:19-24.

46. Lovell R, Knox M, Weston M, Siegler JC, Brennan S, Marshall PWM. Hamstring injury prevention in soccer: Before or after training? *Scand J Med Sci Sports.* 2018;28(2):658-66. DOI: 10.1111/sms.12925

47. Krommes K, Petersen J, Nielsen MB, Aagaard P, Hölmich P, Thorborg K. Sprint and jump performance in elite male soccer players following a 10-week Nordic Hamstring exercise Protocol: a randomised pilot study. *BMC Res Notes.*2017;10(1):669. DOI: 10.1186/s13104-017-2986-x

48. Ishøi L, Hölmich P, Aagaard P, Thorborg K, Bandholm T, Serner A. Effects of the Nordic Hamstring exercise on sprint capacity in male football players: a randomized controlled trial. *J Sports Sci.*2017;36(14):1663-72. DOI: 10.1080/02640414.2017.1409609

49. Rey E, Paz-Domínguez Á, Porcel-Almendral D, Paredes-Hernández V, Barcala-Furelos R, Abelairas-Gómez C. Effects of a 10-Week Nordic Hamstring Exercise and Russian Belt Training on Posterior Lower-Limb Muscle Strength in Elite Junior Soccer Players. *J Strength Cond Res.*2017;31(5):1198-205. DOI: 10.1519/JSC.0000000000001579

50. Mancera-Soto ÉM, Páez AM, Meneses M, Avellaneda P, Cortés SL, Quiceno-Noguera C, et al. Effectiveness of a Nordic training protocol on muscle power in soccer players of Club Deportivo la Equidad Seguros. *Rev Fac Med.*2016;64:17-24. DOI: 10.15446/revfacmed.v64n3Sup.51061

51. Sebelien C, H. Stiller C, F. Maher S, Qu X. Effects of implementing Nordic hamstring exercises for semi-professional soccer players in Norway. *Phys Ther.* 2014;26:90-7.

52. 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. DOI: 10.1055/s-0032-1304591

53. Mjølunes R, Arnason A, Østhagen T, Raastad T, Bahr R. A 10-week randomized trial comparing eccentric vs. concentric hamstring strength training in well-trained soccer players. *Scand J Med Sci Sports*.2004;14(5):311-7. DOI: 10.1046/j.1600-0838.2003.367.x

54. Cuthbert M, Ripley N, McMahon JJ, Evans M, Haff GG, Comfort P. The Effect of Nordic Hamstring Exercise Intervention Volume on Eccentric Strength and Muscle Architecture Adaptations: A Systematic Review and Meta-analyses. *Sports Med Auckl NZ*.2020;50(1):83-99. DOI: 10.1007/s40279-019-01178-7

55. Askling C, Karlsson J, Thorstensson A. Hamstring injury occurrence in elite soccer players after preseason strength training with eccentric overload: Hamstring training in soccer players. *Scand J Med Sci Sports*.2003;13(4):244-50. DOI: 10.1034/j.1600-0838.2003.00312.x

56. Clark R, Bryant A, Culgan J-P, Hartley B. The effects of eccentric hamstring strength training on dynamic jumping performance and isokinetic strength parameters: a pilot study on the implications for the prevention of hamstring injuries. 2005. DOI: 10.1016/j.ptsp.2005.02.003

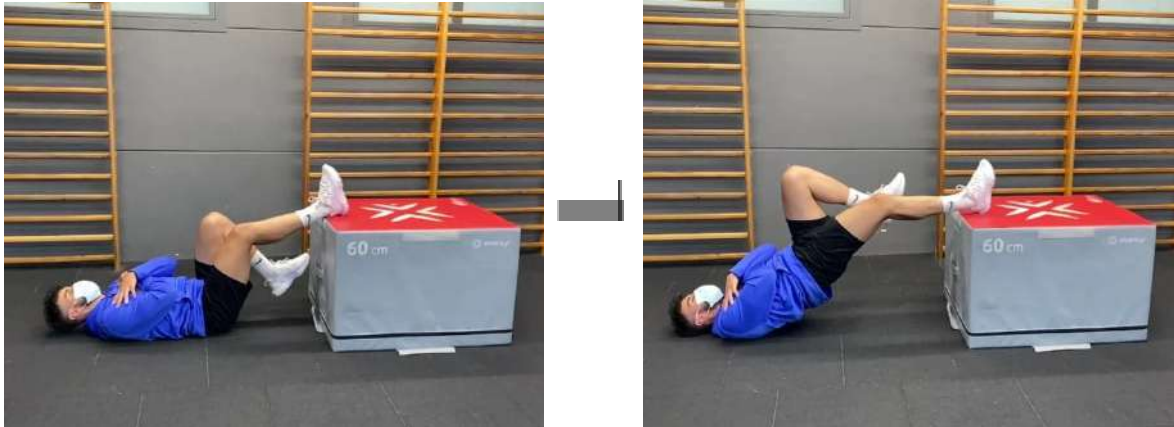
57. Abdel-aziem AA, Soliman ES, Abdelraouf OR. Isokinetic peak torque and flexibility changes of the hamstring muscles after eccentric training: Trained versus untrained subjects. *Acta Orthop Traumatol Turc*.2018;52(4):308-14. DOI: 10.1016/j.aott.2018.05.003

58. 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: study protocol for a randomised controlled trial. *Inj Prev J Int Soc Child Adolesc Inj Prev*.2014;20(4):e8. DOI: 10.1177/0363546515574057

59. 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. DOI: 10.1177/0363546511419277

10. ANEXO

- **ANEXO 1:** *Single Leg Hamstring Bridge Test (SLHB)*



- **ANEXO 2:** *Counter Movement Jump Test*



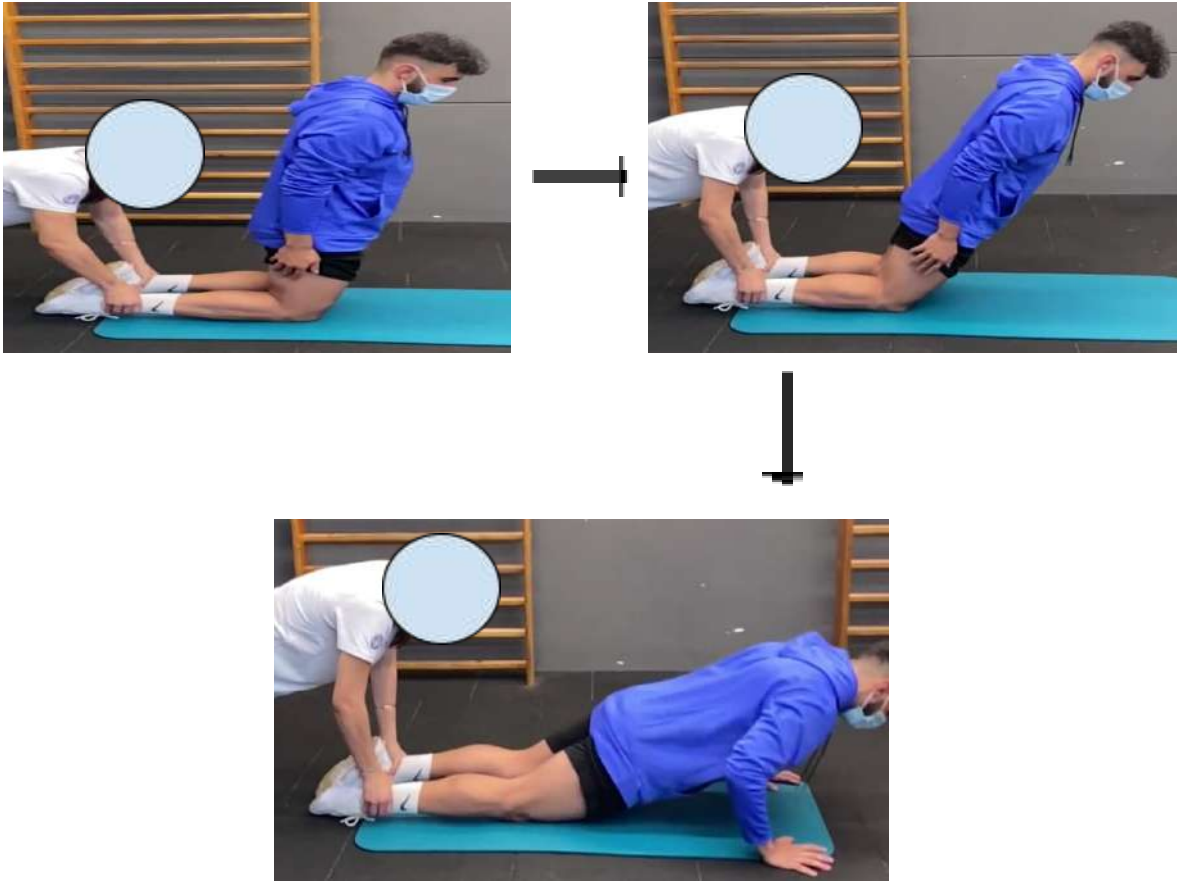
- **ANEXO 3:** *Test de AKE*



- **ANEXO 4:** *Straight Leg Raising*



- **ANEXO 5:** *Ejercicio nordico de isquiotibiales*



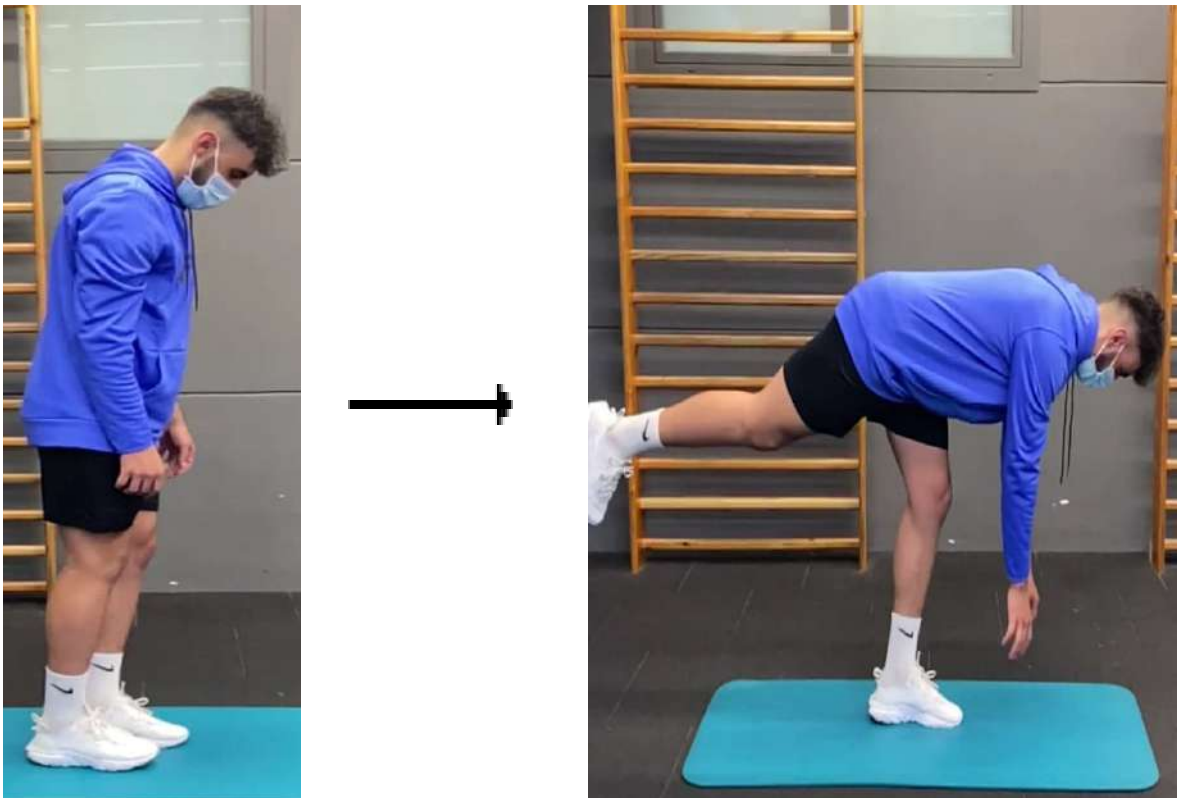
- **ANEXO 6:** *Russian belt exercise*



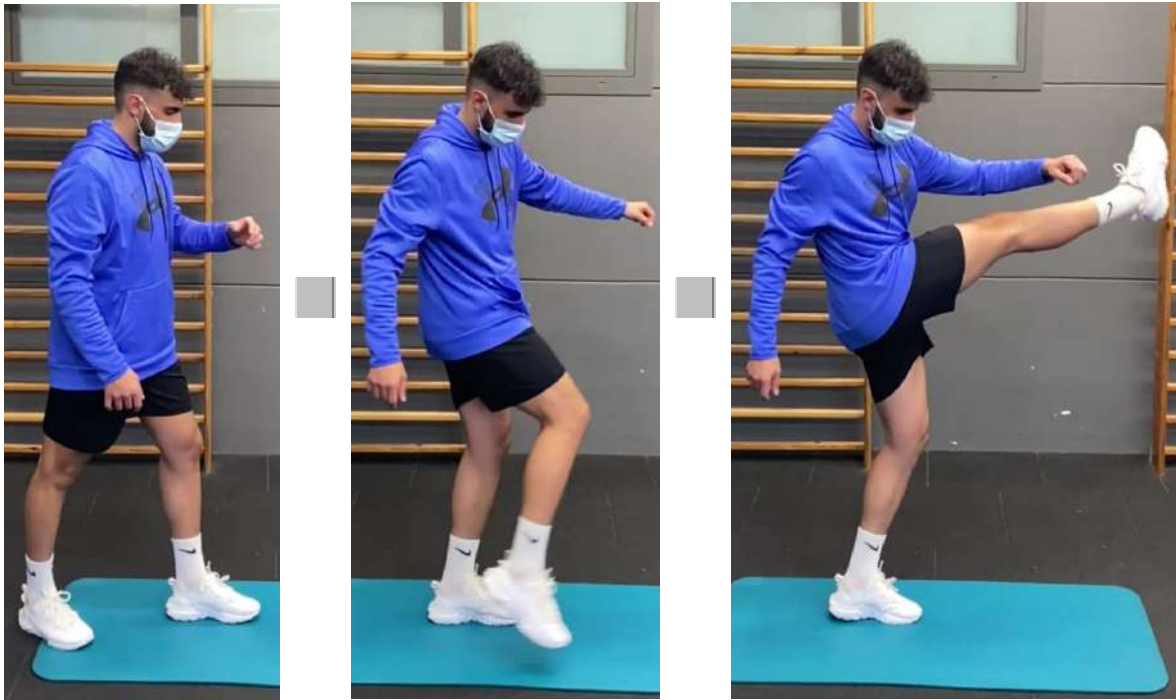
- **ANEXO 7:** *Ejercicio del peso muerto bipodal*



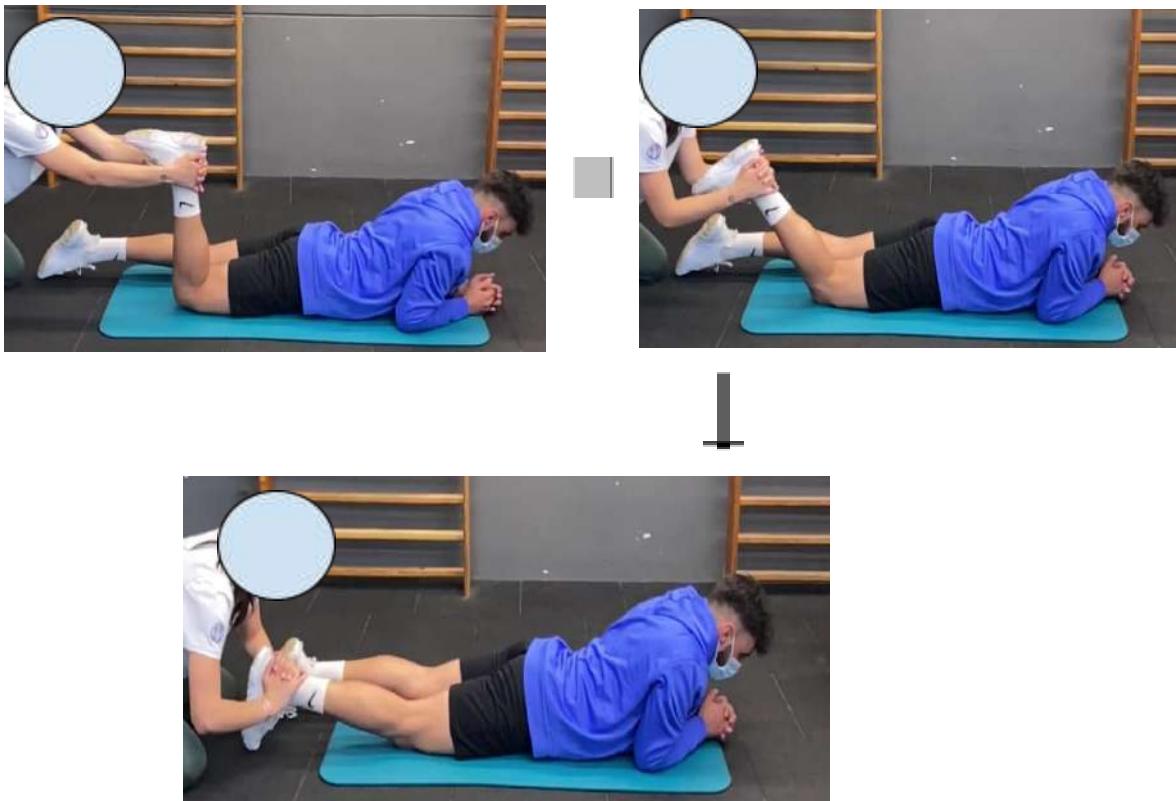
- **ANEXO 8:** *Ejercicio del peso muerto unipodal*



- **ANEXO 9:** *Chute controlado*



- **ANEXO 10:** *Contra resistencia manual*



- **ANEXO 11:** Palabras claves: Términos Mesh y traducción

Castellano	Lenguaje de idioma/Inglés	Términos Mesh
Prevención	Prevention	Prevention and control
Ejercicio excéntrico	Eccentric training	x
Isquiotibiales	Hamstring	Hamstring muscles
Lesión	Injury	Wounds and injury
Fútbol	Soccer	Soccer

- **ANEXO 12:** Puntuación del nivel de evidencia de los estudios seleccionados a través de la escala PEDro.

CRITERIOS	Alvarez -Ponce D y col. 2019 (45)	Lovell R y col. 2018 (46)	Krommes K y col. 2017 (47)	Ishoi L y col. 2017 (48)	Rey E y col. 2017 (49)	Mancera S y col. 2016 (50)	Sebelien C y col. 2014 (51)	Iga J y col. 2012 (52)
1) Criterios de elegibilidad	SI	SI	SI	SI	SI	SI	SI	SI
2) Asignación aleatoria	SI	SI	SI	SI	SI	SI	SI	SI
3) Asignación encubierta	NO	NO	SI	SI	SI	SI	NO	NO
4) Similitud de los grupos de base	SI	NO	SI	SI	SI	SI	SI	SI
5) Sujetos cegados	NO	NO	NO	NO	NO	SI	NO	NO
6) Terapeutas cegados	NO	NO	NO	NO	NO	NO	NO	NO
7) Evaluadores cegados	NO	NO	NO	SI	SI	SI	SI	NO
8) Seguimiento adecuado	SI	NO	SI	NO	SI	SI	NO	NO
9) Análisis por intención de tratar	NO	NO	NO	SI	SI	SI	NO	SI

10) Resultados de comparaciones estadísticas	SI	SI	SI	SI	SI	SI	SI	SI
11) Estimaciones puntuales y de variabilidad	SI	SI	SI	SI	SI	SI	SI	SI
Total	5/10	3/10	6/10	7/10	8/10	9/10	5/10	4/10

- **ANEXO 13:** *Protocolo de intervención realizado por los participantes en el artículo de Alvarez-Ponce D y col. 2019*

Sesiones por semana= 3		
Semana 1	Semana 2	Semana 3
Peso muerto bipodal (3 x 10 rep) Kick controlado (3 x 8 rep)	Peso muerto unipodal (3 x 8 rep) Kick controlado (3 x 12 rep)	Peso muerto unipodal (3 x 12 rep) Contra resistencia manual (3 x 8 rep)
Semana 4	Semana 5	Semana 6
Contra resistencia manual (3 x 12 rep) NHE (3 x 6 rep)	NHE (3 x 8 rep) Supino con balón suizo bipodal (3 x 8 rep)	NHE (3 x 10 rep) Supino con balón suizo bipodal (3 x 12 rep)

- **ANEXO 14:** *Protocolo de intervención realizado por los participantes en el artículo de Lovell R y col. 2018*

Semanas	Sesiones por semana	Número de series por sesión	Número de repeticiones por series
1	1	2	5
2	2	3	5
3	2	3	6
4	2	4	6
5	2	4	7

6	2	4	7
7	2	4	8
8	2	4	8
9	2	4	9
10	2	4	9
11	2	4	10
12	2	4	12

- **ANEXO 15:** Protocolo de intervención realizado por los participantes en el artículo de Krommes K y col. 2017

Semanas	Sesiones por semana	Número de series por sesión	Número de repeticiones por series
1	1	2	5
2	2	2	6
3	3	3	6-8
4	3	3	8-10
5-10	3	3	12/10/8

- **ANEXO 16:** Protocolo de intervención realizado por los participantes en el artículo de Ishoi L y col. 2017

Semanas	Sesiones por semana	Número de series por sesión	Número de repeticiones por series
1	1	2	5
2	2	2	6
3	3	3	6-8
4	3	3	8-10
5-10	3	3	12/10/8

- **ANEXO 17:** Protocolo de intervención realizado por los participantes en el artículo de Rey E y col. 2017

Semanas	Sesiones por semana	Número de series por sesión	Número de repeticiones por series
1	1	2	5
2	2	2	6
3	3	3	6-8
4	3	3	8-10
5-10	3	3	12/10/8

- **ANEXO 18:** Protocolo de intervención realizado por los participantes en el artículo de Mancera S y col. 2016

Semanas	Sesiones por semana	Número de series por sesión	Número de repeticiones por series
1	1	2	5
2	2	2	6
3	3	3	6-8
4	3	3	8-10
5-7	3	3	12-10-8

- **ANEXO 19:** Protocolo de intervención realizado por los participantes en el artículo de Sebelien C y col. 2014

Semanas	Sesiones por semana	Número de series por sesión	Número de repeticiones por series
1	1	2	5
2	2	2	6
3	3	3	6-8
4	3	3	8-12
5	3	3	8-12

- **ANEXO 20:** Protocolo de intervención realizado por los participantes en el artículo de Iga J y col. 2012

Semanas	Sesiones por semana	Número de series por sesión	Número de repeticiones por series
1	1	2	5
2	2	2	6
3	3	3	6
4	3	3	8

- **ANEXO 21:** ABREVIATURAS

I con: Fuerza muscular isquiotibial concéntrica

C con: Fuerza muscular cuádriceps concéntrica

I exc: Fuerza muscular isquiotibial excéntrica

I: Isquiotibiales / C: Cuádriceps

BF: Bíceps femoral

GE: Grupo experimental / GE2: Segundo grupo experimental / GC: Grupo control

NHE: Nordic Hamstring Exercise = Ejercicio nordico de isquiotibiales

RB: Russian Belt Exercise

PD: Pierna dominante / PND: Pierna no dominante

PDe: Pierna derecha / PIz: Pierna izquierda

BF: Biceps femoral / ST-SM: Semitendinoso-Semimembranoso

• **ANEXO 22: CONSENTIMIENTOS INFORMADOS**

CONSENTIMENT INFORMAT PER ALS USUARIS DE FISIOTERÀPIA EN LA PARTICIPACIÓ EN DOCUMENTS AUDIOVISUALS AMB FINALITAT DOCENT

En Fisioteràpia la imatge, sigui estàtica o sigui en moviment, és necessària en la formació, l'autoaprenentatge i la comunicació entre els fisioterapeutes. Per aquest motiu, sovint necessitem fotografies o vídeos dels cursos que fem i dels pacients als que assistim. Per cobrir aquesta necessitat, li demanem el consentiment per ser fotografiat o filmat.

En cas que atorgui el consentiment ha de saber que:

1. les imatges s'utilitzaran només amb propòsits educatius (propis, d'altres fisioterapeutes i estudiants de fisioteràpia) i de comunicació (en trobades científiques).
2. les dades que el puguin identificar com el nom i dades de contacte, es mantindran en secret tal i com disposa la Llei Orgànica 15/1999 del 13 de desembre de protecció de dades de caràcter personal.
3. Li garantim que sigui quina sigui la seva decisió, no es veurà afectada la seva atenció clínica
4. En el cas que vostè accepti participar, sàpiga que es pot retirar en qualsevol moment, sense haver de donar explicacions i en aquest cas, les seves dades i imatges serien retirades dels fitxers.
5. Els beneficis que deriven de la seva participació són els de contribuir a la millora constant de la formació del fisioterapeuta al llarg de la seva vida professional (*Life-long-learning*).
6. No es preveu que, a curt termini, els resultats obtinguts puguin beneficiar-lo directament i en cap cas es preveu que rebí cap compensació econòmica.

Arribat aquest moment li donem l'oportunitat que, si no ho ha fet abans, faci les preguntes que cregui convenients per aclarir els seus dubtes.

Nom (Si us plau, escrigui el seu nom):.....Sébastian CASTRO.....
..... dono el meu consentiment per tal que la
institució o la persona.....T. LEO HARTY.....
pugui fer-me fotografies o gravar-me en vídeo amb propòsits educatius. Els atorgo tots els drets a utilitzar les imatges tant en forma impresa com electrònica. Accepto no rebre cap compensació econòmica per l'ús que se'n faci. A menys que jo indiqui el contrari, el meu nom i dades de contacte es mantindran confidencials.

Tinc més de 18 anys d'edat, he llegit i entès tot aquest document anterior, i sóc competent per a signar aquest consentiment..

Jo, Sébastien CASTRO de 21 anys d'edat



Jo, de anys i amb DNI en qualitat de (pare, mare, tutor, etc.) de

he estat informat per Théo MARTY de la possibilitat de ser fotografiat o filmat i sé que, en qualsevol moment, puc revocar el meu consentiment.

Estic satisfet de la informació rebuda, he pogut formular totes les preguntes que he cregut convenients i m'han aclarit tots els dubtes plantejats.

En conseqüència, dono el meu consentiment.

A Manresa, a 24 de abril de 2021

		
Signatura del pacient	Signatura del representant legal (si fos necessari)	Signatura del fisioterapeuta Nom: <u>Théo MARTY</u> Núm. col·legiat: <u>1003282</u>

Document basat en "Thornhill, S., Asensio, M., Young, C. (2002). Video Streaming: A Guide for Educational Development. San Francisco: JISC/DNER Click y Go Video Project" i en l'utilitzat en la tesis doctoral Salvat, I (2008) APLICABILIDAD DEL VÍDEO EN EL MÉTODO DE RESOLUCIÓN DE PROBLEMAS EN FISIOTERAPIA, aprovat pel Comitè Ètic d'Investigació Clínica de l'Hospital Universitari Sant Joan de Reus el 28 de febrer del 2008. Revisat i adaptat per Rafel Donat Roca (2011) per la seva utilització en els cursos de formació del Col·legi de Fisioterapeutes de Catalunya.

CONSENTIMENT INFORMAT PER ALS USUARIS DE FISIOTERÀPIA EN LA PARTICIPACIÓ EN DOCUMENTS AUDIOVISUALS AMB FINALITAT DOCENT

En Fisioteràpia la imatge, sigui estàtica o sigui en moviment, és necessària en la formació, l'autoaprenentatge i la comunicació entre els fisioterapeutes. Per aquest motiu, sovint necessitem fotografies o vídeos dels cursos que fem i dels pacients als que assistim. Per cobrir aquesta necessitat, li demanem el consentiment per ser fotografiat o filmat.

En cas que atorgui el consentiment ha de saber que:

1. les imatges s'utilitzaran només amb propòsits educatius (propis, d'altres fisioterapeutes i estudiants de fisioteràpia) i de comunicació (en trobades científiques).
2. les dades que el puguin identificar com el nom i dades de contacte, es mantindran en secret tal i com disposa la Llei Orgànica 15/1999 del 13 de desembre de protecció de dades de caràcter personal.
3. Li garantim que sigui quina sigui la seva decisió, no es veurà afectada la seva atenció clínica
4. En el cas que vostè accepti participar, sàpiga que es pot retirar en qualsevol moment, sense haver de donar explicacions i en aquest cas, les seves dades i imatges serien retirades dels fitxers.
5. Els beneficis que deriven de la seva participació són els de contribuir a la millora constant de la formació del fisioterapeuta al llarg de la seva vida professional (*Life-long-learning*).
6. No es preveu que, a curt termini, els resultats obtinguts puguin beneficiar-lo directament i en cap cas es preveu que rebí cap compensació econòmica.

Arribat aquest moment li donem l'oportunitat que, si no ho ha fet abans, faci les preguntes que cregui convenientes per aclarir els seus dubtes.

Nom (Si us plau, escriu el seu nom): Pauline MATHIEU
..... dono el meu consentiment per tal que la
institució o la persona Théo MARTY
..... pugui fer-me fotografies o gravar-me en vídeo amb propòsits educatius. Els atorgo tots els drets a utilitzar les imatges tant en forma impresa com electrònica. Accepto no rebre cap compensació econòmica per l'ús que se'n faci. A menys que jo indiqui el contrari, el meu nom i dades de contacte es mantindran confidencials.

Tinc més de 18 anys d'edat, he llegit i entès tot aquest document anterior, i sóc competent per a signar aquest consentiment..

Jo, Pauline MATHIEU de 21 anys d'edat



Jo, de anys i amb
DNI en qualitat de (pare, mare, tutor, etc.) de.....

he estat informat per Théo HARTY de la possibilitat de ser fotografiat o filmat i sé que, en qualsevol moment, puc revocar el meu consentiment.

Estic satisfet de la informació rebuda, he pogut formular totes les preguntes que he cregut convenients i m'han aclarit tots els dubtes plantejats.

En conseqüència, dono el meu consentiment.

A Havana, a 24 de abril de 2021

		
Signatura del pacient	Signatura del representant legal (si fos necessari)	Signatura del fisioterapeuta Nom: <u>Théo HARTY</u> Núm. col·legiat: <u>10.03.222</u>

Document basat en "Thornhill, S., Asensio, M., Young, C. (2002). Video Streaming: A Guide for Educational Development. San Francisco: JISC/DNER Click y Go Video Project" i en l'utilitzat en la tesis doctoral Salvat, I (2008) APLICABILIDAD DEL VÍDEO EN EL MÉTODO DE RESOLUCIÓN DE PROBLEMAS EN FISIOTERAPIA, aprovat pel Comitè Ètic d'Investigació Clínica de l'Hospital Universitari Sant Joan de Reus el 28 de febrer del 2008. Revisat i adaptat per Rafel Donat Roca (2011) per la seva utilització en els cursos de formació del Col·legi de Fisioterapeutes de Catalunya.