



UNIVERSITAS
Miguel Hernández

Universidad Miguel Hernández de Elche
Grado en Ciencias de la Actividad Física y el Deporte

2018-2019

TRABAJO DE FIN DE GRADO:
**ENTRENAMIENTO DE FUERZA EXCÉNTRICA
EN FUTBOLISTAS PARA LA PREVENCIÓN DE
LESIONES EN ISQUIOTIBIALES**

ALUMNO: Jorge Navarro Lillo

TUTOR: José Luis Hernández Davó

ÍNDICE

1. INTRODUCCIÓN	3
2. MÉTODO	4
3. RESULTADOS	7
4. DISCUSIÓN	12
5. CONCLUSIÓN	13
6. PROPUESTA DE INTERVENCIÓN	14
7. BIBLIOGRAFÍA	15
8. ANEXOS	17



1. INTRODUCCIÓN

El fútbol es actualmente uno de los deportes más practicados en el mundo, ya que más de 265 millones de personas practican esta modalidad deportiva (Junge y Dvorak, 2004). Las características del fútbol, donde coexisten numerosas acciones con contacto y con esfuerzos de máxima intensidad, hacen que el riesgo de lesión en este deporte sea relativamente elevado. Así, en un estudio de la UEFA obtuvieron como resultado 4483 lesiones durante 566.000 horas de exposición, dando una incidencia de lesión de 8,0 lesiones cada 1000 horas y siendo mayor en los partidos que en los entrenamientos (27,5 vs 4,1; Ekstrand, Hägglund y Waldén, 2009). Además, el estudio destaca que el tipo de lesión más común en el fútbol es la rotura parcial de la musculatura isquiotibial (Ekstrand et al., 2009).

La aparición de lesiones en el fútbol es multifactorial, pudiendo influir en la incidencia lesional el contacto físico y los grandes requerimientos musculares, como las frecuentes alteraciones de actividades, numerosas aceleraciones y desaceleraciones, cambios de dirección, patrones de movimiento poco ortodoxos y la ejecución de diversas habilidades técnicas simultáneamente (Bloomfield, Polman y O'Donoghue, 2007). Por tanto, el nivel de fuerza de la musculatura junto con las propiedades funcionales del músculo y su función fijadora en las articulaciones han sido propuestos como factores determinantes de protección en las lesiones deportivas (Thacker, Stroup, Branche, Gilchrist, Goodman y Porter-Kelling, 2003). Para el futbolista, además de tener valores de fuerza adecuados, es necesario asegurar un buen balance entre grupos musculares agonistas/antagonistas y grupos musculares contralaterales (Croisier, Ganteaume, Binet, Genty y Ferret, 2008). En este sentido, la probabilidad de lesiones de isquiotibiales se incrementa hasta 17 veces con una ratio de fuerza isquiotibiales/cuádriceps inferior a 0,6 (Brockett, Morgan y Proske, 2004). Centrándonos sólo en las lesiones musculares, en promedio, un jugador de fútbol sufre 0,6 lesiones por temporada y en un equipo de 25 jugadores se pueden esperar aproximadamente 15 lesiones por temporada. La mayoría de estas lesiones (58%) provocan ausencias de más de 1 semana (Ekstrand, Hägglund y Waldén, 2011). Además, en el mismo estudio vieron que el 92% de las lesiones afectaban a las extremidades inferiores siendo un 37% en isquiotibiales, un 23% en aductores, un 19% en cuádriceps y un 13% en sóleo.

Las lesiones severas, que son las que causan ausencia más de 28 días, explican el 16% de todas las lesiones y los subtipos más comunes de lesiones severas son en los isquiotibiales con un 12% del total (Ekstrand, Hägglund y Waldén, 2009). La frustración con las lesiones de los isquiotibiales no solo se explica por la alta prevalencia de estas lesiones, sino también por la prolongada duración de síntomas, malas respuestas de curación y un alto riesgo de recidiva del 12 al 31% (Mendiguchia, Alentorn-Geli y Brughelli, 2011). La tasa de lesiones en isquiotibiales ha aumentado en un 4% anual entre los jugadores de fútbol profesional desde 2001, por lo que los investigadores han avanzado en la comprensión de los factores de riesgo y han intentado llevar a cabo medidas preventivas. Al mismo tiempo, los clubes de fútbol han invertido en pruebas de laboratorio y test de campo para detectar jugadores que podrían ser propensos a este tipo de lesiones (Ribeiro-Alvares, et al, 2019). Fruto de este incremento en la investigación, Mendiguchia et al., (2011) han propuesto como principales factores de riesgo de lesión muscular en los isquiotibiales los siguientes: lesiones previas, poca flexibilidad, déficit de fuerza, poca estabilidad del core, fatiga y la propia arquitectura muscular. Estos autores destacan que estos 6 factores de riesgo están relacionados y que cuando existe una lesión suele ser debida a más de un factor.

La literatura ha concluido que la lesión previa de los isquiotibiales aumenta el riesgo de nueva lesión de dos a seis veces. Respecto a la poca flexibilidad hay mucha controversia entre estudios, pero en general se considera como factor de riesgo y respecto a la fuerza se observa que un déficit de fuerza excéntrica puede incrementar el riesgo de lesión. Por otro lado, la estabilidad del core es necesaria para lograr una buena estabilidad lumbo-pélvica y con ello evitar lesiones y en lo que respecta a la arquitectura, las lesiones de los isquiotibiales relacionadas con las acciones de sprint afectan principalmente a la parte proximal del bíceps femoral, mientras que las lesiones por estiramiento excesivo afectan principalmente a la porción proximal del semimembranoso (Mendiguchia et al., 2011). Además, la fatiga es un factor de riesgo importante y este factor se agrava más cuando en los partidos se está llegando al final de la primera parte y al final del partido (Small, McNaughton, Greig y Lovell, 2010).

Por tanto, parece necesario incluir acciones dentro del entrenamiento de los futbolistas que traten de reducir el riesgo de lesión en la musculatura isquiotibial. Una de las acciones más empleadas es implementar entrenamiento de fuerza, y especialmente, ejercicios excéntricos. El entrenamiento en pretemporada de los músculos isquiotibiales a través de ejercicios excéntricos afecta positivamente a reducir el riesgo de las lesiones durante la temporada posterior, teniendo efectos sobre el futbolista como: incremento de la fuerza tanto concéntrica como excéntrica de los isquiotibiales y de la velocidad máxima en carrera (Askling, Karlsson y Thorstensson, 2003). El entrenamiento de fuerza excéntrica se considera fundamental para la prevención de lesiones debido a que produce mayor nivel de hipertrofia muscular (Brockett, Morgan y Proske, 2001), aumenta el número de sarcómeros en serie (Yeung, Suen y Yeung, 2009) y facilita un efecto protector en los parámetros tensión/longitud (Proske y Morgan, 2001). Es por ello por lo que el trabajo excéntrico es el método preventivo más utilizado por los equipos de fútbol UEFA (McCall, Dupont y Ekstrand, 2016). Bahr, Thorborg y Ekstrand, (2015) afirman en su estudio que la mayoría de los equipos de fútbol utilizan programas de entrenamiento excéntrico en sus rutinas para prevenir lesiones de isquiotibiales (44 equipos de 50), la mayoría de ellos utilizando el ejercicio Nordic Hamstring (Anexo 1) como parte fundamental de su programa. Durante los últimos años también ha ganado importancia el uso de ejercicios utilizando dispositivos isoinerciales que permiten la generación de sobrecarga excéntrica con el objetivo de reducir el riesgo de lesión (Núñez, Suarez, Cater, y Méndez-Villanueva, 2017). El entrenamiento con sobrecarga excéntrica está siendo cada vez más empleado por los entrenadores y preparadores físicos debido no solo a su eficacia para reducir el riesgo de lesión, sino también a la hora de mejorar variables de rendimiento como el salto, el sprint o los cambios de dirección (De Hoyo et al, 2014).

Basándonos en la gran importancia que tienen las lesiones de isquiotibiales en el fútbol, el objetivo de este trabajo es realizar una revisión sobre prevención de lesiones dentro del ámbito del fútbol, centrándonos en la metodología del entrenamiento excéntrico.

2. MÉTODO

2.1 Fuentes de búsqueda

La revisión bibliográfica sistemática se realizó delimitando entre los años 2003 hasta el año 2018 y pretendía encontrar estudios en los que se midiera si el entrenamiento excéntrico previene lesiones en isquiotibiales de futbolistas.

La fuente de búsqueda utilizada fue: PubMed, que es un motor de búsqueda de libre acceso a la base de datos Medline de citas y resúmenes de artículos de investigación biomédica. Los artículos utilizados han sido encontrados mediante la búsqueda avanzada de esta plataforma utilizando palabras clave y también mediante referencias cruzadas, cogiendo artículos vistos en las referencias de otros.

2.2 Claves de búsqueda

Se realizaron dos búsquedas similares, ambas con cinco palabras clave y solo cambiando una palabra entre búsquedas. Las palabras clave elegidas para la primera búsqueda fueron: "eccentric", "training", "injury", "soccer" y "hamstring" y en la segunda búsqueda se cambió "soccer" por "football". En ambas búsquedas utilizando como conector "AND" y buscando en título y abstract.

En la primera búsqueda se obtuvieron 23 resultados y en la segunda 17 que dieron un total de 40 artículos de los cuales 8 estaban repetidos, quedándonos con 32 artículos para revisar.

2.3 Criterios de inclusión

Como criterios de inclusión los estudios debían tener un periodo de entrenamiento excéntrico aislado de isquiotibiales, daba igual la edad, el sexo y la experiencia de la muestra. Además, los estudios debían medir incidencia lesional, o en su defecto, aspectos determinantes de la misma como son el pico de fuerza o la ratio fuerza excéntrica/fuerza concéntrica y severidad de las lesiones.

2.4. Criterios de exclusión

En cuanto a criterios de exclusión, se decidió descartar los artículos que no estaban en inglés y los que no medían variables relacionadas con el índice de lesión en isquiotibiales de futbolistas.

Además, se han descartado las revisiones bibliográficas, comentarios y los artículos anteriores al 2003 ya que se pretende revisar principalmente lo último que se ha publicado sobre la temática, pero también abarcar varios estudios para poder comparar.

2.5. Proceso de selección

Se han revisado 32 artículos de las dos búsquedas realizadas en PubMed, de los cuales sólo leyendo título se descartaron 14 por ser de fútbol americano o por ser revisiones bibliográficas. Después, leyendo el abstract de los artículos restantes, se descartaron 5 más por no medir incidencia lesional, no medir severidad de las lesiones o por no incluir un entrenamiento excéntrico de isquiotibiales, quedando un total de 13 artículos. Para finalizar, se realizó una lectura completa de los artículos para evaluar si cumplían los criterios, descartando 5 artículos (2 artículos porque eran comentarios, 1 porque era solo observacional, 1 porque sólo realizaban el entrenamiento habitual del equipo y 1 porque realizaban entrenamiento pliométrico, no excéntrico).

Tras la criba y selección mostrada en la figura 1, se incluyeron 9 artículos en esta revisión, de los cuales, uno fue incluido por referencias cruzadas y no por la búsqueda realizada en PubMed.

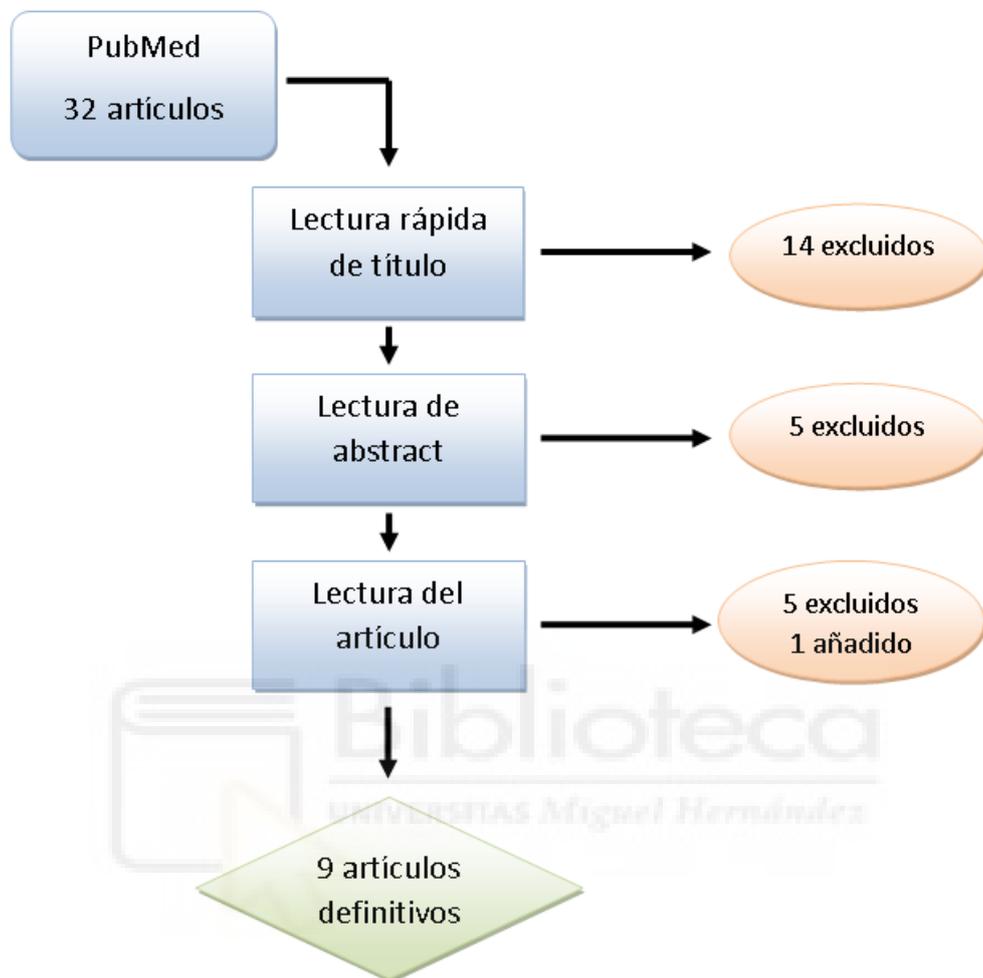


Figura 1. Diagrama de flujo representando el proceso de selección de artículos

3. RESULTADOS

Tabla 1. Resumen de los artículos incluidos en la revisión en los cuales se valora incidencia lesional.

Artículo	Muestra	Protocolo	Variables analizadas	Resultados
Arnason et al., 2007	20 equipos de fútbol profesionales de Islandia y 14 de Noruega (de 18 a 24 jugadores por equipo). 4 temporadas.	3 grupos: calentamiento estirando (grupo CON), entrenamiento de flexibilidad y entrenamiento de fuerza EXC. Grupo EXC: NH después de entrenar 3x12-10-8, 2 veces/semana en pretemporada y 1 vez/semana en temporada. 2 años.	IL total. IL de isquiotibiales. IL de isquiotibiales con cada tipo de programa. Severidad de las lesiones.	Grupo de entrenamiento EXC= 65% menos de IL en isquiotibiales (0.22 ± 0.06 vs 0.62 ± 0.05). Sin diferencia en la severidad de las lesiones.
Van der Horst et al., 2015	Grupo CON: 287 jugadores de fútbol amateur. 24.6 ± 4.1 años 78.4 ± 8.2 kg 183.5 ± 6.4 cm Grupo EXP: 292 jugadores de fútbol amateur. 24.5 ± 3.6 años 77.6 ± 7.8 kg 183.4 ± 6.4 cm	NH 2-3x5-10, en progresión semanalmente, 2 veces/semana menos la primera que es una vez. 13 semanas.	IL en isquiotibiales. Severidad de las lesiones en isquiotibiales.	IL global de 0,7 por cada 1000h (0,33 en entrenamientos y 1,2 en partidos). Se redujo el riesgo de lesión de isquiotibiales en el grupo experimental (ratio 0,282). Sin diferencias en la severidad de las lesiones. <u>Durante la intervención:</u> → IL ↓ en grupo EXP vs grupo CON de forma no significativa (5 lesiones vs 7). <u>Después de la intervención:</u> → IL ↓ en grupo EXP vs grupo CON de forma significativa (0,25 vs 0,8) (6 lesiones vs 18).

<p>Petersen et al., 2011</p>	<p>942 jugadores de fútbol profesionales y amateurs. Grupo EXP: (461) 23 ± 4 años</p> <p>Grupo CON: (481) 23.5 ± 4 años</p>	<p>NH: 2-3x5-12 de 1-3 sesiones/semana (total 27 sesiones). 10 semanas.</p>	<p>IL en isquiotibiales. Severidad de las lesiones. N.º de lesiones en isquiotibiales.</p>	<p>15 lesiones en el grupo EXP y 52 lesiones en el grupo CON. Las tasas de lesión de los isquiotibiales fueron significativamente inferiores en el grupo EXP (total: 3,8 vs 13,1; nuevas: 3,1 vs 8,1; recurrentes: 7,1 vs 45,8) IL=↓ más de un 60% en lesiones nuevas y sobre un 85% en lesiones recurrentes. Menor duración de las lesiones en el grupo control (8,2 días menos de media), no significativo.</p>
<p>Askling et al., 2003</p>	<p>30 jugadores de fútbol profesionales. Grupo EXP: (15) 24 ± 2.6 años 78 ± 5 kg 182.0 ± 6 cm</p> <p>Grupo CON: (15) 26 ± 3.6 años 77 ± 6 kg 181.0 ± 7 cm</p>	<p>YoYo leg curl (Anexo 2), después del calentamiento del equipo, cada 4-5 días hacían 4x8. 10 semanas.</p>	<p>Respuestas al cuestionario de evaluación del dolor. IL en isquiotibiales. Velocidad máxima de carrera (test 30m). Pico torque EXC y CONC. N.º de lesiones en isquiotibiales.</p>	<p>Grupo EXP: - ↑ significativos y similares de fuerza EXC (+19%) y CONC (+15%) en flexión de rodilla. - ↑ significativamente la V_{máx} en 30m (mejora del 2,4%). 13 lesiones, todas en competición. 3 en el grupo EXP y 10 en el grupo CON.</p>

NH = nordic hamstring; IL = incidencia lesional; EXC= excéntrico/a; CONC= concéntrico/a; EXP= experimental; CON= control; ↑= aumenta; ↓= disminuye

Tabla 2. Resumen de los artículos incluidos en la revisión en los cuales se valoran variables relacionadas con el riesgo de lesión.

Artículo	Muestra	Protocolo	Variables analizadas	Resultados
Lovell et al., 2017	42 jugadores de fútbol amateur. 23.6±4.7 años 178.1±5.9 cm 77.4±11.4 kg	3 grupos. Grupo 1 NH antes de entrenar (después del calentamiento), grupo 2 NH después de entrenar y grupo 3, grupo control, solo realizaba el entrenamiento del equipo. NH: 2-4x5-12, 2 veces/semana (en progresión semanalmente). 12 semanas.	Fuerza EXC en isquiotibiales. Actividad muscular (EMG) de isquiotibiales. Adaptaciones estructurales (grosor muscular, ángulo de penación, longitud del fascículo y relación longitud/tamaño muscular). Torque EXC de isquiotibiales.	↑ el pico EXC flexor de rodilla en los 2 grupos que hacían NH (+11,9% grupo NH antes y +11,6% grupo NH después). ↑ la fuerza EXC con rodilla extendida en los 2 grupos que hacían NH. ↑ la activación del bíceps femoral en los 2 grupos que hacían NH. En el grupo de NH antes, ↑ la longitud del bíceps femoral y en el grupo de NH después, ↑ el grosor y el ángulo de penación.
Delextrat et al., 2018	21 jugadoras de fútbol universitarias. Grupo F. EXC (10): 21.8 ± 4.0 años 59.9 ± 9.6 kg 166.2 ± 5.9 cm Grupo F. Resistencia (11): 23.7 ± 7.2 años 60.5 ± 7.3 kg 165.2 ± 6.9 cm	7 semanas Grupo 1 (F. EXC): 3-5x6RM de: Peso muerto estricto y curl de isquiotibiales en máquina. Grupo 2 (F. resistencia): 3x12-20RM de: Peso muerto estricto y curl de isquiotibiales en máquina. Antes y después de las 7 semanas, realizaron un test (BEAST90) que simula un partido de fútbol. En el test se medían antes y al finalizar: el pico de fuerza CONC y EXC y la ratio isquiotibiales EXC/cuádriceps CONC.	Peso movido en los dos ejercicios. Fuerza en isquiotibiales (CONC y EXC). Ratio isquiotibiales EXC/cuádriceps CONC.	Después del partido ↓ la fuerza de los isquiotibiales (de 28,7-12,4%BW en pierna dominante y de 33,6-6,3%BW en pierna no dominante). En el grupo de F. EXC, mayores ganancias en el pico de fuerza (15-16% EXC y 19-21% CONC) en comparación con grupo F. Resistencia (6-7% EXC y 11-13% CONC).

Small et al., 2009	16 jugadores de fútbol semiprofesionales. 21.3 ± 2.9 años 81.6 ± 6.7 kg 185.0 ± 8.7 cm	2 grupos, uno hace el protocolo en el calentamiento y otro en la vuelta a la calma. 8 semanas. 1 vez cada 15 días. Antes y después de las 8 semanas, realizaron un test (SAFT90) que simula un partido de fútbol (Anexo 5). Antes del test, a mitad y al final, los sujetos realizaban 3 contracciones máximas isométricas para extensores y flexores CONC y para flexores EXC de rodilla.	Fuerza CONC en cuádriceps e isquiotibiales. Fuerza EXC en isquiotibiales. Ratios: - Fuerza CONC isquiotibiales/EXC cuádriceps. - Fuerza EXC isquiotibiales/CONC cuádriceps.	Grupo calentamiento: - ↑ de fuerza EXC en isquiotibiales. (Antes del test). - ↑ relación fuerza EXC isquiotibiales/CONC cuádriceps. (Antes del test). Grupo vuelta a la calma: - ↑ de fuerza EXC en isquiotibiales. (Medio tiempo y final del test). - ↑ relación fuerza EXC isquiotibiales/CONC cuádriceps. (Medio tiempo y final del test) El grupo vuelta a la calma obtuvo mejores resultados significativamente.
Naclerio et al., 2015	32 jugadores de fútbol amateur. 22.2 ± 2.6 años 75.9 ± 7.3 kg 178.9 ± 7.7 cm	3 grupos: isquiotibiales excéntrico (EXP), sentadillas inestables (UNS) y control (CON). 25 sesiones Ambos grupos experimentales → 3 veces/semana, 6 semanas, 3x8. - EXP: NH asistido, peso muerto estricto a una pierna y peso muerto estricto a dos piernas. (Anexo 3).	Pico de torque excéntrico en isquiotibiales según el ángulo (35°, 45°, 60°, 80°, 90° y 100°)	Los tres grupos alcanzaron mayor pico de fuerza entre 45° y 80°. El grupo EXP ↑ el pico de torque en 35° y 45° de flexión de rodilla (posiciones más abiertas). El grupo UNS ↑ el pico de torque en 60°, 80° y 90° (posiciones más cerradas).
Naclerio et al., 2013	20 jugadores de fútbol universitarios. 23.8 ± 3.1 años 76.8 ± 5.9 kg 176.0 ± 4.9 cm	2 grupos: experimental y control. Grupo EXP → 4 semanas. 3 veces/semana, 3x8 de: NH, lunge hacia delante pisando bosu (Anexo 4) y peso muerto a una pierna.	Pico de torque excéntrico en isquiotibiales según el ángulo (35°, 45°, 60°, 80°, 90° y 100°)	Mayores incrementos del torque fueron con 35° y 80° de flexión de rodilla (11% y 15% respectivamente). Con 80° fue significativo.

NH = nordic hamstring; IL = incidencia lesional; EXC= excéntrico/a; CONC= concéntrico/a; EXP= experimental; CON= control; ↑= aumenta; ↓= disminuye

Incidencia lesional

De los artículos revisados, cuatro artículos (Van der Horst et al., 2015; Petersen et al., 2011; Askling et al., 2003 y Arnason et al., 2007) han analizado los valores de incidencia lesional tras la aplicación de un entrenamiento de fuerza basado en un trabajo excéntrico. De todos estos, tres artículos (Van der Horst et al., 2015; Petersen et al., 2011 y Arnason et al., 2007) utilizaron el ejercicio nordic hamstring mientras que uno utilizó el ejercicio de leg-curl en dispositivo isoinercial (Askling et al., 2003). De los tres artículos que utilizaron el nordic hamstring, dos (Petersen et al., 2011 y Arnason et al., 2007) encontraron reducciones significativas en la incidencia lesional (>60% en lesiones nuevas y 85% en recurrentes; 65% en general, respectivamente), mientras que en el otro estudio (Van der Horst et al., 2015) la reducción significativa de la incidencia lesional fue solo a partir de la semana 13, cuando acaba la intervención. Por otro lado, el artículo que utilizó el ejercicio leg-curl en dispositivo isoinercial también encontró una reducción significativa de la incidencia lesional, en este caso bajando de 10 lesiones en el grupo control vs 3 lesiones en el grupo experimental, que hacía 10 semanas de entrenamiento en la YoYo leg curl (4x8), dando así una incidencia lesional inferior en el grupo experimental vs grupo control (ratio 1:4).

Severidad lesiones

En cuanto a la severidad de las lesiones registradas, podemos ver los resultados en tres de los estudios analizados (Van der Horst et al., 2015; Petersen et al., 2011 y Arnason et al., 2007). En ningún estudio se encuentran diferencias significativas entre realizar nordic hamstring o no realizarlo en cuanto a la severidad de una posible lesión. Lo único destacable relacionado con la duración de las lesiones es que, en el estudio de Petersen et al., 2011 se concluye que el grupo que hacía nordic hamstring tenía de media 8,2 días más de duración en sus lesiones, aunque de forma no significativa.

Pico Fuerza

Un total de 6 artículos (Naclerio et al., 2015; Askling et al., 2003; Small et al., 2009; Lovell et al., 2017; Naclerio et al., 2013 y Delestrat et al., 2018) han analizado el pico de fuerza o torque de los isquiotibiales, después de realizar entrenamiento de fuerza excéntrica, para comprobar cómo cambia y cómo puede afectar a la incidencia y severidad lesional de forma directa.

En todos ellos se puede observar que el pico de fuerza aumenta una vez terminado el periodo de intervención. En 3 artículos (Naclerio et al., 2015; Lovell et al., 2017 y Naclerio et al., 2013) tienen en cuenta el grado de flexión de rodilla. En el artículo Naclerio et al., (2015) encuentran que aumenta más y de forma significativa el pico de fuerza excéntrico en 35° y 45° de flexión de rodilla (posiciones más abiertas), en el artículo Lovell et al., (2017) aumenta entre 0-30° y en el artículo Naclerio et al., (2013) se vieron mayores incrementos entre 35-80°.

En los 6 artículos se puede ver un aumento del pico de fuerza o torque de entre un 10-21% por lo que, se puede ver que el entrenamiento excéntrico de isquiotibiales aumenta de forma considerable el pico de fuerza sobre todo en ángulos más abiertos de rodilla (0-45°). Small et al., (2009) comparando un grupo que hacía nordic hamstring antes de entrenar y otro después, añadieron a lo dicho que realizar nordic hamstring después del entrenamiento ayuda a que los jugadores mantengan el pico de fuerza durante un partido de fútbol, ya que realizaron un test que simulaba un partido de fútbol y medían pico de fuerza al principio, a mitad y al final.

Ratio Fuerza Exc/Conc

La ratio de fuerza excéntrica de isquiotibiales/fuerza concéntrica de cuádriceps, fue medida en dos de los artículos revisados (Small et al., 2009 y Delextrat et al., 2018) y en ambos se pudo ver un aumento de esta en los grupos que realizaban entrenamientos de fuerza excéntrica de isquiotibiales. Más concretamente, en el estudio de Small et al., (2009) subió la ratio antes de la prueba que realizaban, en el grupo que implementaba los ejercicios excéntricos en el calentamiento y subió a mitad y al final de la prueba en el grupo que realizaba los ejercicios excéntricos en la vuelta a la calma.

Además, en el estudio de Delextrat et al., (2018) se pudo ver un aumento de la ratio de +14,6% en la pierna dominante.

4. DISCUSIÓN

Basándonos en la gran importancia que tienen las lesiones de isquiotibiales en el fútbol, el objetivo de este trabajo ha sido realizar una revisión sobre prevención de lesiones dentro de este deporte, centrándonos en la metodología del entrenamiento excéntrico. Tras la revisión de los artículos, se puede observar que el entrenamiento excéntrico de isquiotibiales disminuye la incidencia lesional en diferentes cantidades porcentuales, dependiendo de varias variables como el ejercicio específico de entrenamiento excéntrico que se utilice, las semanas que se entrene, el volumen de entrenamiento, el nivel de experiencia de la muestra, etc. Además, se puede observar que en cuanto a la severidad de las lesiones no hay mejoras significativas con el nordic hamstring ya que por lo general la duración de las lesiones es similar, pero sí que hay mejoras significativas en el pico de fuerza o torque y en la ratio fuerza excéntrica/fuerza concéntrica, ayudando ambas mejoras al futbolista a tener menor riesgo de lesión y consecuentemente bajando el índice lesional de los equipos de fútbol.

En cuanto a la incidencia lesional el estudio más antiguo de esta revisión (Askling et al., 2003) mostró una reducción significativa en la incidencia lesional de los isquiotibiales en un subgrupo de futbolistas profesionales que hacía entrenamiento de sobrecarga excéntrica comparado con un subgrupo que hacía entrenamiento de fuerza tradicional (ratio de lesiones 1:4). Más tarde, Arnason et al., (2007) y Petersen et al., (2011) también investigaron el efecto preventivo del entrenamiento de fuerza excéntrica en la incidencia lesional de los isquiotibiales, aunque con el nordic hamstring como ejercicio y en una muestra mucho más grande de futbolistas profesionales, encontrando reducciones significativas en la incidencia lesional (>60% en lesiones nuevas y 85% en recurrentes; 65% en general, respectivamente). Recientemente, en Van der Horst et al., (2015) la reducción de la incidencia lesional solo fue significativa una vez terminada la intervención, a partir de la semana 13, dando lugar a la hipótesis de que se necesitan varias semanas para que el protocolo de verdad sea efectivo.

La muestra que se presenta en los cuatro estudios que miden incidencia lesional son jugadores de fútbol jóvenes tanto profesionales como amateurs, entrenan mínimo 10 semanas y medían incidencia lesional antes y después de la intervención. En dichos estudios, los autores reportaron mejoras significativas en la incidencia lesional (entre 60-85%). Dicha reducción de la incidencia lesional puede deberse al incremento de fuerza tanto concéntrica como excéntrica de los isquiotibiales y de la velocidad máxima de carrera (Askling et al., 2003), a que con el nordic hamstring se trabaja la fuerza excéntrica en una posición alargada de los isquiotibiales (donde suelen romperse en sprint; Van der Horst et al., 2015) y a que se dan menos recidivas con este tipo de protocolos (Petersen et al., 2011 y Arnason et al., 2007).

Viendo los artículos de la revisión se puede decir que la severidad de las lesiones en isquiotibiales no se reduce significativamente con entrenamiento excéntrico (nordic hamstring). Por el contrario, se puede ver en el estudio de Petersen et al., (2011) que el grupo que hacía nordic hamstring tenía de media 8,2 días más de duración en sus lesiones, aunque de forma no significativa.

El pico de fuerza o torque que se puede definir como el momento de fuerza, el efecto de giro de una fuerza o la tendencia de una fuerza a hacer girar un objeto, ha sido muy estudiado durante los últimos años en el ámbito del fútbol, ya que está demostrado que tiene relación directa con el aumento de la velocidad de sprint, con una menor incidencia lesional (Askling et al., 2003) o con la fuerza que es capaz de generar un músculo en cada ángulo (Naclerio et al., 2015).

Como se ve en el modelo de Ayala et al., (2019), el ángulo del pico de fuerza medido durante los movimientos excéntricos de isquiotibiales en extensión de rodilla es importante para predecir la incidencia lesional en temporada. Este hallazgo respalda la hipótesis de Brockett et al., (2004), quienes sugieren que para evitar la lesión de isquiotibiales es más importante en qué angulación encuentran el pico de fuerza que el propio valor de fuerza pico que alcanzan. En relación con esto, los artículos revisados (Naclerio et al., 2015; Askling et al., 2003; Lovell et al., 2017; Naclerio et al., 2013, Delextrat et al., 2018 y Small et al., 2009) coinciden en que mediante la utilización de entrenamiento excéntrico se pueden alcanzar mejoras de entre un 10-21% del pico de fuerza, aumentando sobre todo en los ángulos más abiertos de rodilla (0-45°). Por lo que se puede apuntar como posible hipótesis que se mejora en ángulos abiertos de rodilla debido a que en el ejercicio nordic hamstring se focaliza la producción de fuerza en dicha angulación de la rodilla.

Al mismo tiempo, es importante saber que la fuerza excéntrica de los isquiotibiales disminuye en función de aspectos como el tiempo y los intervalos de descanso de un partido, por lo que existe un mayor riesgo de lesiones en los momentos en los que los futbolistas tienen mayor fatiga, como al final de cada parte o en movimientos explosivos, por ello, la incorporación de ejercicios excéntricos de isquiotibiales está justificada para reducir la incidencia lesional (Small et al., 2009)

A pesar de que hay pocos estudios científicos que hayan analizado la ratio fuerza excéntrica en isquiotibiales/fuerza concéntrica en cuádriceps, se puede observar que un aumento de esta es beneficioso para la prevención de lesiones en fútbol, al igual que lo es mantener la ratio o hacer que disminuya lo mínimo posible con la fatiga (Small et al., 2009 y Delextrat et al., 2018), como ya se vio en Brockett et al., (2004), la probabilidad de lesiones de isquiotibiales se incrementa hasta 17 veces con una ratio de fuerza isquiotibiales/cuádriceps inferior a 0.6.

5. CONCLUSIÓN

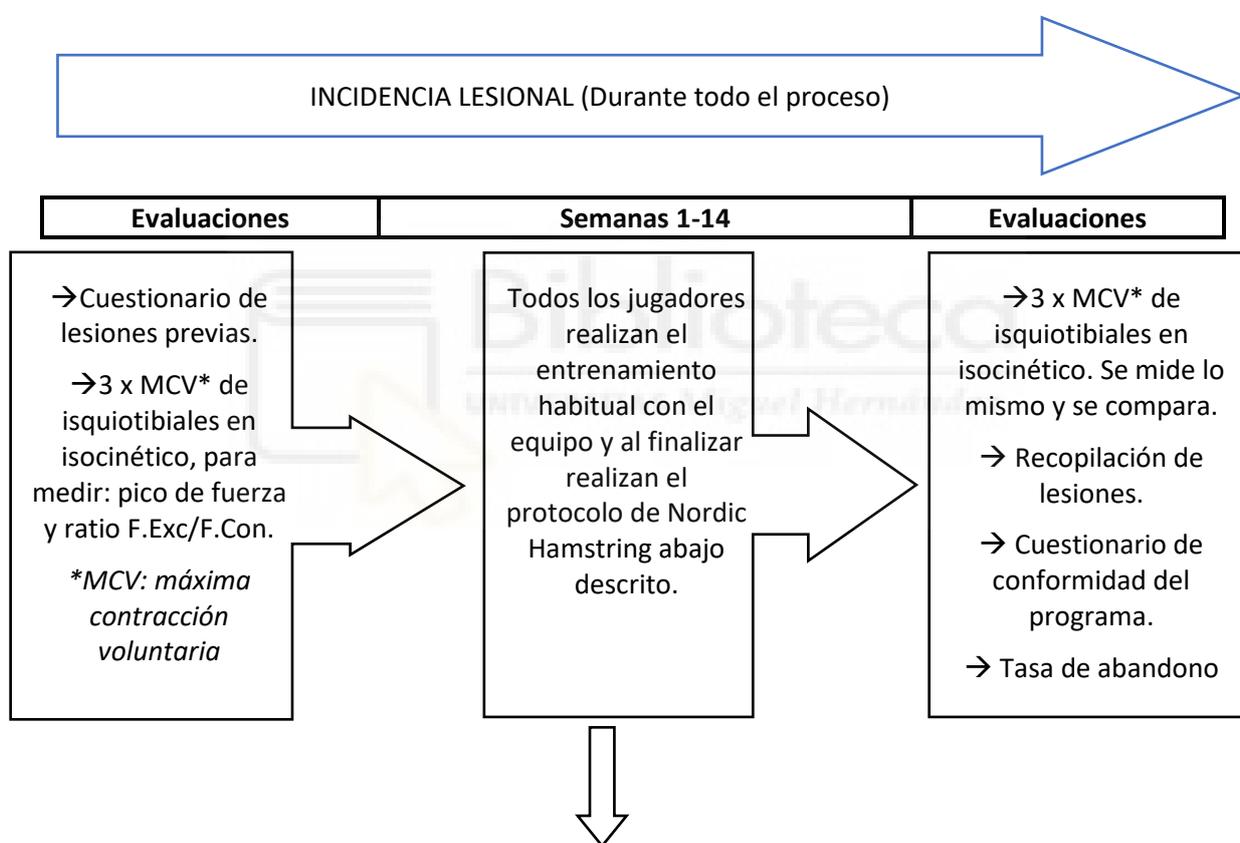
Como conclusión general se puede observar que, según la literatura existente, el entrenamiento excéntrico previene lesiones de isquiotibiales ya que aumenta la ratio fuerza excéntrica isquiotibiales/fuerza concéntrica cuádriceps y el pico de fuerza (sobre todo en las angulaciones más cerradas de rodilla), siendo ambos predictores de la incidencia lesional. Además, en cuanto a la severidad de lesiones, los artículos revisados no encuentran ninguna reducción significativa en cuanto a la duración de las lesiones implementando un programa de entrenamiento excéntrico de isquiotibiales.

Por todo esto y según lo visto en esta revisión se deben implementar programas de entrenamiento excéntrico con Nordic Hamstring como ejercicio principal, en los que se realicen al menos 13 semanas y se entrene unos 2-3 días/semana ya que parece lo óptimo.

6. PROPUESTA DE INTERVENCIÓN

En la siguiente propuesta práctica se harán 30 sesiones repartidas en 14 semanas, se realizará solo Nordic Hamstring para que sea accesible a más equipos ya que no se necesita material y, debido a que la mayoría de las lesiones de isquiotibiales surgen al final de cada parte, se hará el protocolo después del entrenamiento habitual del equipo con el objetivo de trabajar con fatiga y mantener el pico de fuerza. Además, con el paso de las semanas de entrenamiento se incrementará el volumen, manteniendo intensidad, para lograr una sobrecarga progresiva en la muestra.

Antes de comenzar con el periodo de intervención se realizará una semana de preparación y entrenamiento ya que en ejercicios excéntricos es importante aumentar de forma gradual la carga y el número de repeticiones, como se puede extraer de Arnason et al., (2007).



Protocolo de Nordic Hamstring.

Semanas	Frecuencia por semana	Series	Repeticiones
1	1	2	6
2	2	2	7
3	2	3	7
4-7	2	3	7,8,9
8-11	2	3	8,9,10
12-14	3	3	9,10,11

7. BIBLIOGRAFÍA

- Arnason, A., Andersen, T. E., Holme, I., Engebretsen, L., & Bahr, R. (2007). Prevention of hamstring strains in elite soccer: an intervention study. *Scandinavian Journal of Medicine & Science in Sports*, 18(1), 40–48. doi:10.1111/j.1600-0838.2006.00634.x.
- Askling, C., Karlsson, J., & Thorstensson, A. (2003). Hamstring injury occurrence in elite soccer players after preseason strength training with eccentric overload. *Scandinavian Journal of Medicine and Science in Sports*, 13(4), 244–250. doi:10.1034/j.1600-0838.2003.00312.x.
- Ayala, F., López-Valenciano, A., Gámez Martín, J. A., De Ste Croix, M., Vera-García, F., García-Vaquero, M., ... Myer, G. (2019). A preventive model for hamstring injuries in professional soccer: learning algorithms. *International Journal of Sports Medicine*, 40(05), 344–353. doi: 10.1055/a-0826-1955.
- Bahr, R., Thorborg, K., & Ekstrand, J. (2015). Evidence-based hamstring injury prevention is not adopted by the majority of Champions League or Norwegian Premier League football teams: the nordic hamstring survey. *British Journal of Sports Medicine*, 49(22), 1466–1471. doi: 10.1136/bjsports-2015-094826.
- Bloomfield, J., Polman, R., & O'Donoghue, P. (2007). Physical demands of different positions in FA Premier League soccer. *Journal of Sports Science & Medicine*, 6(1), 63–70.
- Brockett, C., Morgan, D., & Proske, U. (2001). Human hamstring muscles adapt to eccentric exercise by changing optimum length. *Medicine and Science in Sports and Exercise*, 33(5), 783–790.
- Brockett, C., Morgan, D., & Proske, U. (2004). Predicting hamstring strain injury in elite athletes. *Medicine and Science in Sports and Exercise*, 36(3), 379–387. doi: 10.1249/01.MSS.0000117165.75832.05
- Croisier, J. L., Ganteaume, S., Binet, J., Genty, M., & Ferret, J. M. (2008). Strength imbalances and prevention of hamstring injury in professional soccer players. *The American Journal of Sports Medicine*, 36(8), 1469–1475. doi: 10.1177/0363546508316764.
- De Hoyo, M., de la Torre, A., Pradas, F., Sañudo, B., Carrasco, L., Mateo-Cortes, J., ... Gonzalo-Skok, O. (2014). Effects of eccentric overload bout on change of direction and performance in soccer players. *International Journal of Sports Medicine*, 36(4), 308–314. doi: 10.1055/s-0034-1395521.
- Delextrat, A., Piquet, J., Matthews, M. J., & Cohen, D. D. (2018). Strength-Endurance training reduces the hamstrings strength decline following simulated Football Competition in Female Players. *Frontiers in Physiology*, 9. doi: 10.3389/fphys.2018.01059.
- Ekstrand, J., Häggglund, M., & Waldén, M. (2009). Injury incidence and injury patterns in professional football: the UEFA injury study. *British Journal of Sports Medicine*, 45(7), 553–558. doi: 10.1136/bjsm.2009.060582.
- Ekstrand, J., Häggglund, M., & Waldén, M. (2011). Epidemiology of muscle injuries in professional football (soccer). *The American Journal of Sports Medicine*, 39(6), 1226–1232. doi: 10.1177/0363546510395879.
- Junge, A., & Dvorak, J. (2004). Soccer injuries: a review on incidence and prevention. *Sports Medicine*, 34(13), 929–938. doi: 10.2165/00007256-200434130-00004.
- Lovell, R., Knox, M., Weston, M., Siegler, J. C., Brennan, S., & Marshall, P. W. M. (2017). Hamstring injury prevention in soccer: Before or after training? *Scandinavian Journal of Medicine & Science in Sports*, 28(2), 658–666. doi: 10.1111/sms.12925.

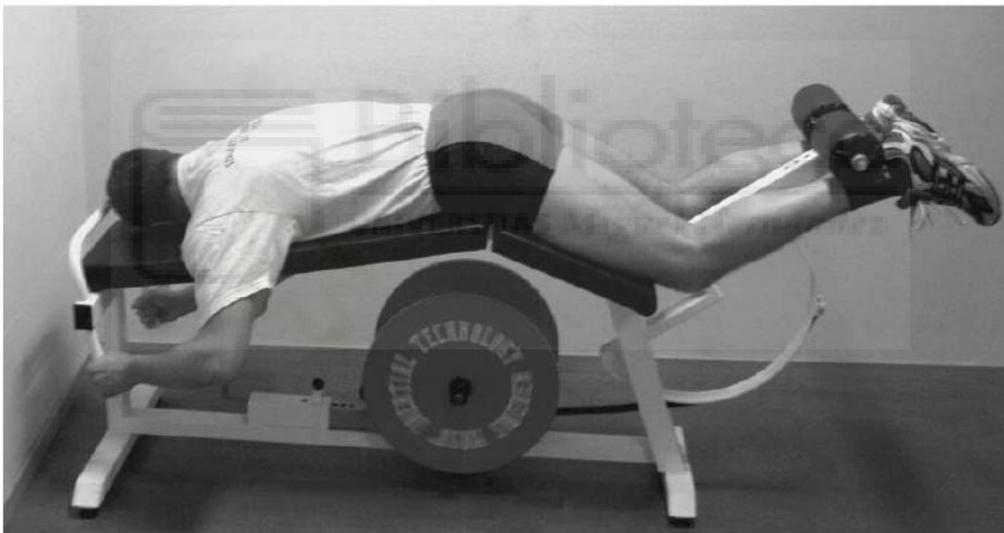
- McCall, A., Dupont, G., & Ekstrand, J. (2016). Injury prevention strategies, coach compliance and player adherence of 33 of the UEFA elite club injury study teams: a survey of teams' head medical officers. *British Journal of Sports Medicine*, *50*(12), 725–730. doi: 10.1136/bjsports-2015-095259.
- Mendiguchia, J., Alentorn-Geli, E., & Brughelli, M. (2011). Hamstring strain injuries: are we heading in the right direction? *British Journal of Sports Medicine*, *46*(2), 81–85. doi:10.1136/bjism.2010.081695
- Naclerio, F., Faigenbaum, A. D., Larumbe, E., Goss-Sampson, M., Perez-Bilbao, T., Jimenez, A., & Beedie, C. (2013). Effects of a low volume injury prevention program on the hamstring torque angle relationship. *Research in Sports Medicine*, *21*(3), 253–263. doi:10.1080/15438627.2013.792089
- Naclerio, F., Larumbe-Zabala, E., Monajati, A., & Goss-Sampson, M. (2015). Effects of two different injury prevention resistance exercise protocols on the hamstring torque-angle relationship: a randomized controlled trial. *Research in Sports Medicine*, *23*(4), 379–393. doi: 10.1080/15438627.2015.1076418.
- Núñez, F. J., Suarez-Arrones, L. J., Cater, P., & Mendez-Villanueva, A. (2017). The high-pull exercise: a comparison between a versa pulley flywheel device and the free weight. *International Journal of Sports Physiology and Performance*, *12*(4), 527–532. doi: 10.1123/ijsp.2016-0059.
- Petersen, J., Thorborg, K., Nielsen, M. B., Budtz-Jørgensen, E., & Hölmich, P. (2011). Preventive effect of eccentric training on acute hamstring injuries in men's soccer. *The American Journal of Sports Medicine*, *39*(11), 2296–2303. doi: 10.1177/0363546511419277.
- Proske, U., & Morgan, D. L. (2001). Muscle damage from eccentric exercise: mechanism, mechanical signs, adaptation and clinical applications. *The Journal of Physiology*, *537*(2), 333–345. doi: 10.1111/j.1469-7793.2001.00333.x.
- Ribeiro-Alvares, J. B., Dornelles, M. P., Fritsch, C. G., de Lima-e-Silva, F. X., Medeiros, T. M., Severo-Silveira, L., Marques, B. V., Bruno & Baroni, B. M. (2019). Prevalence of hamstring strain injury risk factors in professional and under-20 male football (soccer) Players. *Journal of Sport Rehabilitation*, *1–23*. doi: 10.1123/jsr.2018-0084.
- Small, K., McNaughton, L., Greig, M., & Lovell, R. (2009). Effect of timing of eccentric hamstring strengthening exercises during soccer training: implications for muscle fatigability. *Journal of Strength and Conditioning Research*, *23*(4), 1077–1083. doi: 10.1519/JSC.0b013e318194df5c.
- Small, K., McNaughton, L., Greig, M., & Lovell, R. (2010). The effects of multidirectional soccer-specific fatigue on markers of hamstring injury risk. *Journal of Science and Medicine in Sport*, *13*(1), 120–125. doi: 10.1016/j.jsams.2008.08.005.
- Thacker, SB., Stroup, DF., Branche, CM., Gilchrist, J., Goodman, RA., & Porter, E. (2003). Prevention of knee injuries in sports. A systematic review of the literature. *J Sports Med Phys Fitness*.*43*(2), 165-179.
- Van der Horst, N., Smits, D.-W., Petersen, J., Goedhart, E. A., & Backx, F. J. G. (2015). The preventive effect of the nordic hamstring exercise on hamstring injuries in amateur soccer players. *The American Journal of Sports Medicine*, *43*(6), 1316–1323. doi: 10.1177/0363546515574057.
- Yeung, S. S., Suen, A. M. Y., & Yeung, E. W. (2009). A prospective cohort study of hamstring injuries in competitive sprinters: preseason muscle imbalance as a possible risk factor. *British Journal of Sports Medicine*, *43*(8), 589–594. doi: 10.1136/bjism.2008.056283.

8. ANEXOS

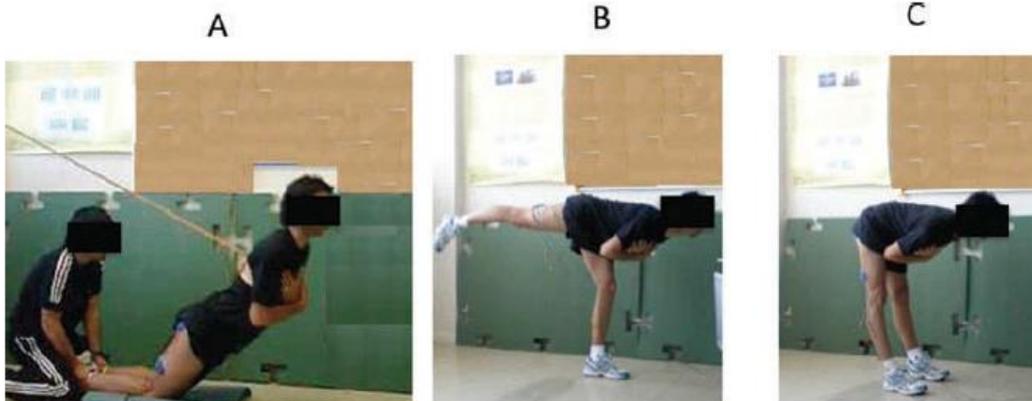
Anexo 1. Imagen representativa del ejercicio de Nordic Hamstring.



Anexo 2. Representación del ejercicio isoinercial YoYo leg curl.



Anexo 3. Ejercicios excéntricos de isquiotibiales: a) nordic hamstring asistido, b) peso muerto estricto a una pierna, y c) peso muerto estricto a dos piernas.



Anexo 4. Lunge hacia delante sobre bosu.



UNIVERSITAS Miguel Hernández

Anexo 5. Diagrama representativo del test que simula un partido de fútbol (SAFT90).

