

**PROPUESTA DE INTERVENCIÓN TRAS LA ROTURA
MIOTENDINOSA PROXIMAL DEL BÍCEPS FEMORAL EN
FUTBOLISTAS PROFESIONALES Y SEMIPROFESIONALES**

TRABAJO FINAL DE GRADO – FISIOTERAPIA

Aleix Chaparro Redondo

Luciana Morzé Arcone

5º Doble Grado Fisioterapia y CAFE

Curso Académico: 2021-22

Fundació TecnoCampus Mataró-Maresme

16/05/2022 El Prat de Llobregat

1. Índice de contenidos.

Contenido

2. Índice de tablas y figuras	1
3. Sumario de siglas y abreviaturas	1
4. Resumen y palabras claves.....	1
5. Introducción.	3
5.1. EPIDEMIOLOGÍA DE LAS LESIONES MUSCULARES	3
5.2. MUSCULATURA ISQUIOTIBIAL	4
5.3. CLASIFICACIÓN DE LAS LESIONES MUSCULARES	5
5.4. DIAGNÓSTICO DE LAS LESIONES ISQUIOTIBIALES.....	6
5.5. UNIÓN MIOTENDINOSA.....	7
5.6. MECANISMO DE LESIÓN EN LOS ISQUIOTIBIALES.....	9
5.7. FACTORES DE RIESGO DE LESIÓN EN LOS ISQUIOTIBIALES	9
5.8. TRATAMIENTO CONSERVADOR DE LAS LESIONES ISQUIOTIBIALES.....	10
5.9. EVIDENCIA EN LA LESIÓN MIOTENDINOSA.....	11
6. Justificación del estudio.	13
7. Hipótesis y objetivos.	14
8. Metodología.	15
8.1. DISEÑO DE ESTUDIO.....	15
8.2. POBLACIÓN Y MUESTRA	15
8.3. ASIGNACIÓN DE LOS INDIVIDUOS A LOS GRUPOS DE ESTUDIO	16
8.4. VARIABLES DE ESTUDIO.....	16
8.5. PROCEDIMIENTO.....	19
8.6. DESCRIPCIÓN DE LA PROPUESTA DE INTERVENCIÓN	20
8.7. ANÁLISIS ESTADÍSTICO.....	27
8.8. CONSIDERACIONES ÉTICAS	27
9. Cronograma.....	29
10. Presupuesto.....	30
11. Limitaciones y prospectiva	31
12. Referencias bibliográficas.....	32
13. ANEXOS	37

2. Índice de tablas y figuras

Tabla 1. Criterios de progresión de la Fase Aguda	17
Tabla 2. Criterios de progresión de la Fase de Regeneración	18
Tabla 3. Protocolo Askling L	21
Tabla 4. Frecuencia, volumen y progresiones del protocolo Askling L	22
Tabla 5. Objetivos y criterios de la Fase Aguda y Fase de Regeneración	23
Tabla 6. Protocolo Fase Aguda	24
Tabla 7. Protocolo Fase de Regeneración	25
Tabla 8. Cronograma del proyecto	29
Tabla 9. Presupuesto.....	30
Ilustración 1. Fases y progresión (elaboración propia)	23
Ilustración 2. Estiramiento en tensión pasiva de isquiotibiales en supino	24
Ilustración 3. Isométricos de flexión de rodilla en prono (longitud larga y media).....	25
Ilustración 4. Puente de isquiotibiales unilateral	26
Ilustración 5. Leg Scissors on the floor.....	26
Ilustración 6. EVA dolor.....	41
Ilustración 7. Contracción isométrica submáxima de flexión de rodilla en prono	41
Ilustración 8. Slump Test	42
Ilustración 9. AKE TEST (faltan inclinómetros y correas)	42

3. Sumario de siglas y abreviaturas

BF: Bíceps femoral

BFlh: Biceps femoris long head

HSI: Hamstring strain injury

P1: Primer punto de dolor

R1: Primer punto de resistencia

RTP: Return to play

RTS: Return to sport

UMT: Unión miotendinosa

4. Resumen y palabras claves

Castellano:

Las lesiones musculares son uno de los principales problemas a los que se enfrentan los futbolistas, siendo la lesión de los isquiotibiales la más común. Además, no solo es la lesión muscular más prevalente, sino que es considerada la lesión más frecuente de todas, representando el 17% de todas las lesiones en el fútbol. Por lo que, las lesiones en los isquiotibiales resultan en grandes costes económicos para los clubes de fútbol y un extenso período de baja para el jugador. La rotura de la unión miotendinosa proximal del bíceps femoral se considera el tipo de lesión más frecuente de las lesiones isquiosurales.

El presente estudio tiene el objetivo de evaluar la efectividad de un protocolo de fisioterapia específico a la ubicación de la lesión y basado en criterios de progresión, en comparación, con un protocolo general de lesiones isquiotibiales, en futbolistas. La comparación se centra en los días de baja por lesión y en el número de recaídas en los 6 meses posteriores.

Durante el transcurso de 2 temporadas consecutivas, los deportistas diagnosticados de rotura miotendinosa proximal del bíceps femoral, que cumplan los criterios de inclusión y superen los criterios de exclusión, serán asignados aleatoriamente al grupo intervención (GI) o al grupo control (GC).

El GC seguirá un protocolo general de lesiones isquiotibiales, basado en 3 ejercicios, y el test de Askling-H decidirá si el futbolista puede regresar o no a su deporte. Por otro lado, el GI realizará el protocolo específico. Este consta de 2 fases; Fase Aguda y Fase de Regeneración. Cada semana se realizarán valoraciones para observar si se cumplen los criterios de progresión para avanzar de fases.

El estudio pretende cambiar la perspectiva en el manejo de las lesiones isquiotibiales, adoptando protocolos que se adapten al deportista y a las características de la lesión. De esta manera, intentar que en los próximos años disminuya la incidencia de las lesiones isquiotibiales en el fútbol.

Palabras claves:

Protocolo, fisioterapia, UMT, lesión isquiotibiales.

English:

Muscle injuries are one of the main problems faced by footballers, with the hamstring injury being the most common. Furthermore, not only is it the most prevalent muscle injury, it is considered the most common injury of all, accounting for 17% of all injuries in football. As a result, hamstring injuries result in large financial costs for football clubs and an extended periods of time off work for the player. The rupture of the proximal myotendinous junction of the biceps femoris is considered the most frequent type of hamstring injury.

The present study aims to evaluate the effectiveness of a physiotherapy protocol specific to the location of the injury and based on progression criteria, in comparison with a general hamstring injury protocol, in football players from Catalan teams participating in professional and semi-professional leagues. The comparison focuses on the number of days off work due to injury and the number of injury recurrences in the following 6 months.

Over the course of 2 consecutive seasons, athletes diagnosed with proximal biceps femoris myotendinous rupture, who meet the inclusion criteria and pass the exclusion criteria, will be randomly assigned to either the intervention group (IG) or the control group (CG).

The CG will follow a general hamstring injury protocol based on 3 exercises and the Askling-H test will decide whether or not the player can return to their sport. On the other hand, the IG will perform the specific protocol. This consists of 2 phases: Acute Phase and Regeneration Phase. Each week, assessments will be made to see if the progression criteria for advancing through the phases are met.

The study aims to change the perspective of hamstring injury management, adopting protocols that are adapted to the athlete and the characteristics of the injury. In this way, the aim is to reduce the incidence of hamstring injuries in football in the coming years.

Keywords:

Protocol, physiotherapy, MJT, hamstring injury.

5. Introducción.

5.1. EPIDEMIOLOGÍA DE LAS LESIONES MUSCULARES

Las lesiones musculares son uno de los principales problemas a los que se enfrentan los jugadores de fútbol. Se informa que representan del 20 % al 37 % de todas las lesiones a nivel profesional masculino, y la gran mayoría (92%) afectan a los 4 grandes grupos musculares de los miembros inferiores: isquiotibiales, 37%; aductores, 23%; cuádriceps, 19%; y músculos de la pantorrilla, 13% (1). Un equipo de 25 jugadores en el nivel de élite puede esperar alrededor de 15 lesiones musculares cada temporada (1). Por lo que las consecuencias no afectan únicamente al jugador, sino que también al equipo en su conjunto. El coste medio de la lesión de un jugador de un equipo profesional durante 1 mes se calcula en torno a los 500.000 € (2).

La rotura de los isquiosurales no es solo la lesión muscular más común en el fútbol profesional, sino que es la lesión más frecuente que sufren los futbolistas profesionales, representando el 17% de todas las lesiones. Un equipo profesional de 25 jugadores puede esperar alrededor de 7 roturas de isquiosurales en una temporada (3).

La incidencia de rotura de isquiosurales fue baja durante el período de pretemporada, pero dos o tres veces mayor durante la temporada competitiva (septiembre a mayo), cuando se juegan la mayoría de los partidos de alta intensidad (3).

Se ha informado que hay más lesiones de isquiotibiales al final de cada tiempo del partido de fútbol, lo que puede sugerir que la fatiga actúa como un factor de riesgo para estas lesiones (3).

En un estudio longitudinal dónde analizaron las lesiones de clubes de élite de la UEFA durante un período de 13 años, (2001-2014) se informó que la tasa general de lesiones de isquiotibiales durante el período de 13 años fue de 1,20 lesiones por 1000 h; la tasa de lesiones en partidos fue de 4,77 y la tasa de entrenamiento de 0,51 lesiones por 1000 h. Por lo que, la tasa de lesiones en los partidos fue nueve veces mayor que la tasa de lesiones en los entrenamientos (4). Dos tercios de las lesiones de isquiosurales se consideraron lesiones de inicio agudo y un tercio tuvo un inicio gradual. La distribución de las lesiones según la gravedad fue leve/mínima el 10%, 21% leves, 54% moderadas y 15% graves (4). El número de días perdidos por lesión osciló entre 0 y 395 días, con una media (DE) de 17 (21) días (4). La problemática se agrava en el momento en que otro estudio llevado a cabo por la UEFA demostró un aumento promedio anual del 2,3 % en la tasa total de lesiones de isquiotibiales des de 2001 al 2014 (4).

Como ya se ha comentado anteriormente, las lesiones de isquiosurales son las más comunes de todas las lesiones musculares. Además, causan una media de $17,3 \pm 21,1$ días de ausencia (4).

El 13% de las lesiones isquiotibiales fueron recurrencias de una lesión idéntica anterior dentro de los 2 meses posteriores al regreso al juego (4). Por lo que un porcentaje considerable de las lesiones son recidivas.

La gran parte de las lesiones musculares ocurren en situaciones sin contacto (aductores, 92 %; cuádriceps e isquiotibiales, 96 %; y músculos de la pantorrilla, 95 %)(1). Se suele sugerir que una lesión previa y una rehabilitación inadecuada son factores de riesgo de lesión en el fútbol. Las lesiones repetidas causaron una ausencia más prolongada que las lesiones no recurrentes (3).

BASES TEÓRICAS

5.2. MUSCULATURA ISQUIOTIBIAL

Los músculos isquiotibiales están compuestos por 3 músculos principales que forman parte del compartimiento posterior del muslo. Estos son; el bíceps femoral, el semimembranoso y el semitendinoso (5). La musculatura isquiosural contribuye al movimiento de las articulaciones de la cadera y la rodilla (5).

En este estudio ponemos el foco sobre el bíceps femoral, por lo que detallamos su anatomía. El bíceps femoral es un músculo que se divide en 2 cabezas, la cabeza larga que se origina en la faceta medial de la tuberosidad isquiática, y la cabeza corta que surge de la línea áspera y la línea supracondílea lateral del fémur y del tabique intermuscular (5). Ambas cabezas tienen inserción común en la cara lateral de la cabeza del peroné, la aponeurosis tibial y en el cóndilo lateral de la tibia (5). Este músculo es un agonista importante de la flexión de la rodilla y de la extensión de la cadera, además ayuda en los movimientos de rotación externa de rodilla y cadera (5).

El bíceps femoral es el músculo isquiotibial que más frecuentemente se lesiona en futbolistas. De 2007 a 2011 se informó que el 83% de las lesiones que afectaron a los isquiotibiales fueron en este músculo (6). Además, todas las recidivas se dieron únicamente en el bíceps femoral (6). Si analizamos con mayor profundidad, encontramos que las lesiones del complejo isquiotibial afectan con mayor frecuencia a la unión musculotendinosa proximal de la cabeza larga del bíceps femoral (7). En un estudio de 2014 (8), concluyeron que el bíceps femoral ejerce proporcionalmente más fuerza en una contracción muscular en relación con los músculos semimembranoso y semitendinoso, lo que podría ser un factor que explique la mayor susceptibilidad del bíceps femoral a las lesiones.

5.3. CLASIFICACIÓN DE LAS LESIONES MUSCULARES

Las lesiones musculares deportivas presentan un grupo heterogéneo de trastornos musculares que tradicionalmente han sido difíciles de definir y categorizar.

A partir del consenso de Múnich (9) se establece una clasificación con una terminología clara de las lesiones musculares en el deporte. Las lesiones musculares se clasifican en lesiones musculares indirectas y directas. Dentro de la lesión indirecta, esta se divide en trastorno muscular funcional y lesión muscular estructural. En el presente estudio son de interés las lesiones estructurales por lo que son las que se definen con más detalle.

Las lesiones musculares estructurales son lesiones con evidencia macroscópica (ecografía o RM) de daño muscular. Además, son lesiones indirectas, es decir, lesiones inducidas por estiramiento debido a un alargamiento forzado repentino sobre los límites viscoelásticos de los músculos que ocurren durante una contracción fuerte (fuerza interna). Estas lesiones suelen localizarse en la unión musculotendinosa, ya que estas zonas presentan puntos biomecánicos más débiles (10). El músculo cuádriceps y los isquiotibiales se ven afectados con frecuencia ya que tienen grandes tendones intramusculares o centrales y pueden lesionarse a lo largo de esta interfaz. Teóricamente, un desgarro puede ocurrir en cualquier lugar a lo largo de la cadena músculo-tendón-hueso, ya sea de forma aguda o crónica (9). Un desgarro aislado de una sola fibra muscular suele quedar sin relevancia clínica.

La lesión muscular estructural se subclasifica en dos tipos; rotura muscular parcial y rotura (sub)total. La mayoría de las lesiones estructurales indirectas son desgarros musculares parciales. La experiencia clínica muestra claramente que la mayoría de las lesiones parciales se pueden asignar a uno de dos tipos, ya sea un desgarro muscular parcial menor o moderado, que en última instancia tiene consecuencias para la terapia, respectivamente para el tiempo de ausencia de los deportes. Se diferencia entre desgarros parciales moderados con un diámetro superior a un fascículo y roturas parciales menores con un diámetro máximo menor (9).

Además del tamaño, es la participación del tejido conjuntivo adyacente, el endomisio, el perimisio y el epimisio lo que distingue un desgarro muscular parcial menor de uno moderado. La lesión concomitante del perimisio externo parece jugar un papel especial: esta estructura de tejido conectivo tiene una función de barrera intramuscular en caso de hemorragia (9). Puede ser la lesión de esta estructura lo que diferencia un desgarro muscular parcial moderado de uno menor. La realidad es que una diferenciación clara entre los desgarros musculares parciales parece difícil debido a la heterogeneidad de los músculos que pueden estructurarse de manera muy diferente. Las capacidades técnicas actuales (resonancia magnética y ultrasonido) no son lo suficientemente precisas para

determinar y probar en última instancia el defecto muscular dentro de la zona lesionada de hematoma y/o líquido que se observa en la resonancia magnética, que a veces es algo hipersensible y generalmente conduce a una sobreestimación del daño real (10).

La gran mayoría de las lesiones musculares se curan sin formación de tejido cicatricial. Sin embargo, mayores desgarros musculares pueden dar lugar a una cicatrización defectuosa con formación de cicatriz que debe tenerse en cuenta en el diagnóstico y pronóstico de una lesión muscular (10). Se sugiere que los desgarros parciales de menos de un fascículo muscular generalmente se curan por completo, mientras que los desgarros parciales moderados pueden dar como resultado una cicatriz fibrosa (9).

Los desgarros musculares completos, con una discontinuidad de todo el músculo, son muy raros. Los desgarros musculares subtotales y las avulsiones tendinosas son más frecuentes. La experiencia clínica muestra que las lesiones que afectan a más del 50% del diámetro del músculo (desgarros subtotales) suelen tener un tiempo de curación similar al de los desgarros completos (9). También se producen lesiones intratendinosas del tendón libre o intramuscular. Aunque las lesiones intratendinosas puras son raras (9).

Una causa plausible de lesiones musculares recurrentes, que son significativamente más graves que la primera lesión es el retorno prematuro a la actividad plena debido a una lesión subestimada(9). La curación de los músculos y otros tejidos blandos es un proceso gradual. La cicatriz de tejido conectivo (inmaduro) que se produce en el lugar de la lesión es el punto más débil del músculo esquelético lesionado, y el tejido lesionado tarda en recuperar toda su fuerza según el tamaño y la localización de la lesión (10). Parece plausible que los atletas regresen al deporte antes de que se complete la curación del músculo.

5.4. DIAGNÓSTICO DE LAS LESIONES ISQUIOTBIALES

El primer paso del tratamiento es el establecimiento de un diagnóstico preciso que es crucial para un pronóstico fiable. Para el diagnóstico de las lesiones musculares se recomienda comenzar con una historia precisa de la ocurrencia, las circunstancias, los síntomas, problemas previos, seguido de un examen clínico cuidadoso con inspección, palpación del área lesionada, comparación con el lado contralateral y pruebas funcionales de los músculos (11). Una ecografía temprana entre 2 y 48 h después del traumatismo muscular proporciona información útil sobre cualquier alteración existente de la estructura muscular, especialmente si hay algún hematoma o si el examen clínico apunta a una lesión por trastorno funcional sin evidencia de daño estructural (12). Recomendamos una resonancia magnética para cada lesión que sea sospechosa de lesión muscular estructural. La resonancia

magnética es útil para determinar si hay edema, en qué patrón y si hay una lesión estructural, incluido su tamaño aproximado. Además, la resonancia magnética es útil para confirmar el sitio de la lesión y cualquier afectación del tendón (13). Sin embargo, se debe señalar que la resonancia magnética por sí sola no es lo suficientemente sensible para medir con precisión la extensión del daño al tejido muscular.

Tras la lesión de la fibra muscular, los núcleos de la zona lesionada suelen sufrir apoptosis (muerte celular programada). Las células satélite son los encargados de proporcionar una fuente de nuevos núcleos para la fibra muscular lesionada. Estos, en respuesta a la lesión, migran al sitio dañado, proliferan y se fusionan en estructuras llamadas miotubos, y posteriormente se fusionan con la fibra lesionada para repoblar los núcleos perdidos (14).

Los macrófagos y neutrófilos también juegan un papel importante en el proceso de regeneración muscular. Los neutrófilos aparecen poco después de que se lesiona el músculo, ayudan a iniciar la respuesta inflamatoria y contribuyen a la fagocitosis de las fibras dañadas. Los macrófagos principalmente producen citoquinas proinflamatorias, participan en la fagocitosis del tejido dañado y promueven la reparación de los tejidos (14).

5.5. UNIÓN MIOTENDINOSA

Como ya se ha comentado anteriormente, las lesiones musculares ocurren predominantemente en la unión miotendinosa (UMT). Por eso es de importancia detallar las características de esta estructura. Generalmente ocurren durante actividades en las que el músculo se estira demasiado de forma pasiva o durante contracciones excéntricas rápidas en las que la UMT está expuesta a altas cargas durante el alargamiento.

La UMT es la zona de transición entre el músculo esquelético y el tendón, ésta tiene un papel clave al ser la estructura donde las fibras musculares interactúan con el tendón. Durante la actividad muscular y especialmente durante el ejercicio de alto esfuerzo, se transmiten grandes fuerzas desde las fibras musculares al tendón a través de la UMT (15).

La ultraestructura de la UMT muestra unos pliegues desde el tendón, que sobresalen hacia el músculo en el área de contacto entre los dos tejidos. Estos pliegues de tendón son invaginaciones de la membrana muscular. A través de la invaginación de la membrana de la fibra muscular, el citoesqueleto de las fibras musculares entra en contacto con la matriz extracelular (ECM) que conecta el músculo con el tendón. Esta ultraestructura aumenta el área de contacto entre el músculo y el tendón, haciendo

posible que la fuerza contráctil de las miofibrillas se transmita a través de un área más grande. Esto da como resultado una cantidad reducida de estrés y una mayor resistencia a la rotura de la UMT(16).

La plasticidad (capacidad de adaptación) de la UMT a diversas cargas se ha investigado principalmente en animales, donde la mayoría de los estudios están ligeramente anticuados y hay pocos estudios que investiguen la UMT en los humanos. En general hay evidencia de que la UMT se adapta a la carga aumentando el área de superficie de la unión (17). Por otro lado, el efecto de la descarga ha demostrado una reducción en el área de superficie de la UMT (18). La reducción del área de superficie entre el músculo y el tendón como consecuencia de la descarga teóricamente puede debilitar la UMT al hacerla menos capaz de transmitir la carga y, por lo tanto, más susceptible a las lesiones. Esta puede ser la razón por la cual los jugadores de fútbol de élite, que tuvieron menos de 10 sesiones de entrenamiento antes de participar en un partido competitivo después de un período de lesión, tenían un mayor riesgo de sufrir una lesión posterior (19). Por cada sesión de entrenamiento adicional antes de volver al partido, las probabilidades de lesión eran un 7 % más bajas (19).

Se han estudiado los efectos de varios ejercicios sobre la longitud del sarcómero distal en la UMT, pero los resultados son contradictorios. Además, se desconoce si estas longitudes son importantes para la UMT y el riesgo de lesión. Aunque, teóricamente, una longitud de sarcómero más corta, que no debe confundirse con la longitud del fascículo, sería beneficiosa en la UMT, ya que son más resistentes al estiramiento durante cargas pesadas, debido a más puentes cruzados superpuestos entre actina y miosina (20). No se sabe si los efectos no homogéneos del ejercicio sobre la longitud del sarcómero distal en la UMT se deben a las diferencias en los regímenes de ejercicio utilizados, o si los diferentes músculos se adaptan de manera diferente durante los ejercicios (15).

En el músculo humano, la integrina es la principal responsable de la transmisión de fuerza del músculo al tendón. Se ha comprobado que la realización de ejercicio excéntrico en el humano aumenta los niveles de este tipo de integrina (21), por lo que sería una forma de preparar la UMT ante el estrés mecánico (22).

Hay evidencia que confirma que los estiramientos pueden ser una opción adecuada en el tratamiento de la unión miotendinosa. El objetivo de los estiramientos es realizar una progresión activa con una sollicitación graduada de la unión miotendinosa (23). Según la sollicitación a la unión miotendinosa, los estiramientos se pueden ordenar de menor a mayor sollicitación; pasivos, en tensión pasiva, CRE (contracción-relajación-estiramiento) y en tensión activa (23). Por lo que, durante el tratamiento, iniciaremos con estiramientos en tensión pasiva e iremos progresando a estiramientos en tensión

activa. Estos últimos actúan selectivamente en la unión miotendinosa, por ese mismo motivo se le atribuyen efectos beneficiosos en la prevención de lesiones (23).

5.6. MECANISMO DE LESIÓN EN LOS ISQUIOTIBIALES

Una vez hemos comentado las bases teóricas de la estructura de la unión miotendinosa y como se adapta ésta a la carga, nos adentramos a conocer cuáles son los mecanismos responsables de la rotura aguda de los isquiotibiales y que factores de riesgo predisponen al deportista a sufrir la lesión.

Está claramente aceptado que los movimientos rápidos con demandas excéntricas elevadas de la parte posterior del muslo son probablemente la principal causa de lesión de los isquiotibiales (24). Se han descrito dos tipos específicos de lesiones de isquiotibiales, definidas por el mecanismo de lesión: tipo estiramiento y tipo sprint (25). La lesión de tipo estiramiento ocurre en movimientos que involucran una combinación de flexión extrema de cadera y extensión de rodilla (p. ej., acciones de golpeo), mientras que la lesión de tipo sprint ocurre durante acciones de carrera máximas o casi máximas (25). Ambos tipos de lesiones son lesiones por tensión; sin embargo, el tipo de estiramiento parece ocurrir en longitudes musculares largas, mientras que el tipo de sprint puede ocurrir bien dentro del rango de trabajo normal del músculo (25). Utilizando imágenes de resonancia magnética (IRM), se ha demostrado que la lesión de tipo estiramiento afecta principalmente al semimembranoso y, en particular, al tendón libre proximal en lugar del tendón intramuscular (25). Por el contrario, la lesión de tipo sprint afecta principalmente a la cabeza larga del bíceps femoral (BFlh) (25). Las lesiones de BFlh muestran una mayor afectación de la región proximal en comparación con la región distal, con la unión musculotendinosa (aponeurosis y fibras musculares adyacentes) reportada como la ubicación de lesión más común (26).

Establecer el tipo de mecanismo de lesión proporciona información pronóstica esencial ya que la lesión de tipo estiramiento tiene, en promedio, un 84 % más de tiempo (59 frente a 32 días) para regresar que la lesión de tipo carrera (25).

5.7. FACTORES DE RIESGO DE LESIÓN EN LOS ISQUIOTIBIALES

Durante los últimos años se han evaluado los posibles factores que aumentan el riesgo de sufrir una lesión en los isquiotibiales. Dentro de los factores de riesgo no modificables con mayor evidencia se encuentran; una lesión reciente en los isquiotibiales y una lesión previa en la rodilla (sobre todo si es una rotura de LCA) (27). Una disminución en la longitud del fascículo del bíceps femoral y la rigidez de la unión musculo-tendinosa de los isquiotibiales también se han declarado factores que aumentan el riesgo de lesión (27). Sobre los factores de riesgo modificables, la disminución de la cualidad de la

fuerza aumenta el riesgo de lesión isquiotibiales, concretamente; disminución de la fuerza excéntrica y de la fuerza-resistencia de los isquiotibiales y disminución de la fuerza isométrica extensora y flexora de rodilla (27). La reducción de la distancia del salto a una pierna y la diferencia porcentual entre el salto sin contramovimiento y el salto con contramovimiento se asociaron con el riesgo de lesión en isquiotibiales (27). Ningún factor relacionado con la flexibilidad, la movilidad y el rango de movimiento mostró una relación clara con el riesgo de lesión isquiotibial. No obstante, un mayor déficit en la extensión activa de rodilla justo después de la vuelta al juego aumentaba el riesgo de lesión recurrente en los isquiotibiales (27). Un déficit de control motor del tronco también se asocia como factor de riesgo para los isquiosurales (28). La cinemática del sprint es de gran importancia en la prevención de lesiones en los isquiotibiales, ya que esta se asocia a un aumento del riesgo de lesión en casos de aumento de la flexión lateral torácica durante el swing frontal y aumento de la inclinación pélvica anterior durante el backswing (27). En el fútbol, las posiciones de juego que pueden tener mayores demandas de carrera se asocian a un mayor riesgo (mediocampistas, defensores y delanteros frente a los porteros) (29).

ANTECEDENTES CIENTÍFICOS

5.8. TRATAMIENTO CONSERVADOR DE LAS LESIONES ISQUIOTIBIALES

En el año 2013, Askling C. y colaboradores (30) realizaron un ensayo clínico en futbolistas profesionales suecos con el fin de comparar dos protocolos de rehabilitación tras una lesión aguda de isquiotibiales. El protocolo L ponía énfasis en ejercicios con predominancia de acciones musculares excéntricas, mientras que el protocolo C consistía en ejercicios convencionales sin que predominaran los ejercicios de fuerza con el músculo en alargamiento. Se encontró un tiempo de regreso al deporte significativamente menor en el protocolo L (media de 28 días) en comparación con el protocolo C (media de 51 días), además en este último se informó la única recaída en ambos grupos durante los 12 meses posteriores a la lesión.

Tal y como se demostró, el protocolo de Askling fue más efectivo en cuanto a tiempo de retorno al deporte y número de recaídas, en comparación con un protocolo que no hace énfasis en las acciones excéntricas. Posteriormente a este estudio, el protocolo Askling pasó a ser el protocolo de referencia para las lesiones agudas de los isquiotibiales. El protocolo consiste en ejercicios de predominio excéntrico. A finales del proceso de rehabilitación, cuando el examen clínico no mostraba signos de lesión, se realizaba el Askling H Test, con el fin de valorar las molestias y la sensación de inseguridad durante la prueba. Si había dolor y sensación de inseguridad se expandía el período de rehabilitación hasta la nueva repetición del Askling H Test (3-5 días).

Durante el 2017, Mendiguchia J. y colaboradores publicaron lo que es, hasta el día de hoy, el enfoque de tratamiento más novedoso para las lesiones agudas de isquiotibiales (31). Realizaron una versión modificada de un algoritmo previamente propuesto por él y Brughelli (32). Mendiguchia, para justificar su nuevo enfoque, afirma que un proceso de rehabilitación sistemática (algoritmo) dividida en distintas fases con criterios, podría ser de mucha utilidad en el complicado procedimiento de toma de decisiones clínicas para un regreso exitoso al juego, y con el fin de disminuir las tasas de reincidencias. Con este enfoque de algoritmo, cada fase del tratamiento depende del resultado del paso anterior y se basa en una respuesta individualizada para progresar en dificultad. Mendiguchia fue capaz de estructurar el contenido y los criterios a cumplir de acuerdo con los principios de reparación biológica muscular, los tipos de mecanismos lesional y los múltiples factores de riesgo asociados a la rotura de los isquiotibiales, además de tener en cuenta las debilidades específicas de cada jugador.

5.9. EVIDENCIA EN LA LESIÓN MIOTENDINOSA

La rehabilitación de una lesión de isquiotibiales es una oportunidad para aplicar el razonamiento clínico y abordar los posibles factores de riesgo que pueden estar presentes en el deportista. Por lo que en un programa de fisioterapia también debe estar presente el manejo de la columna vertebral, de la función lumbo-pélvica, de la activación del glúteo mayor y de la función de la cadera (33).

La prescripción de ejercicios en el programa de fisioterapia debe dirigirse al músculo lesionado para desarrollar los papeles funcionales específicos de cada músculo y limitar las características espaciales alteradas demostradas después de la lesión (34).

Numerosos estudios informan de diferentes patrones de reclutamiento espacial entre ejercicios, con ejercicios dominantes de cadera que enfatizan sobre la parte proximal y los ejercicios dominantes de la rodilla sobre la zona distal de los isquiotibiales (35). Los ejercicios dominantes de cadera promueven mayor hipertrofia en el bíceps femoral que los ejercicios dominantes de rodilla, como el curl nórdico (36). Sin embargo, en términos absolutos, el curl nórdico proporciona la mayor activación electromiográfica del BF y, por lo tanto, se requieren intervenciones de entrenamiento tanto de cadera como de rodilla (37).

Se ha observado una alteración de la cinemática de la cadera y la pelvis durante la carrera después de una lesión en los isquiotibiales (38). El aumento de la flexión de la cadera y la capacidad de aplicar la fuerza en dirección horizontal son determinantes para correr a gran velocidad, por lo que incluir ejercicios de técnica carrera son de ayuda para reentrenar estos elementos (39).

Altos niveles de fuerza excéntrica en los isquiotibiales reducen el riesgo de reincidencia impuesto por la edad y el historial de lesiones, factores no modificables (40). Además, el ejercicio excéntrico sobre los isquiotibiales ha demostrado aumentar la longitud de los fascículos del bíceps femoral (40). Por lo que, el entrenamiento excéntrico ofrece un efecto protector y reduce el riesgo de lesión asociado a factores no modificables, siendo una pieza clave en la rehabilitación de lesiones isquiotibiales.

El elemento contráctil de los isquiotibiales puede permanecer relativamente isométrico al final de la fase de balanceo, y el alargamiento de la unidad músculo-tendinosa lo proporciona el tendón (41,42). La condición isométrica de los fascículos musculares reduce el trabajo mecánico realizado por el componente contráctil, facilitando el comportamiento de resorte del tendón durante el ciclo de acortamiento-estiramiento. Por lo tanto, el entrenamiento isométrico de alta carga puede proporcionar un estímulo más específico relacionado con esta demanda funcional (42).

Ya son varios los casos publicados en la literatura científica de la afectación del nervio ciático, después de una rotura aguda de los isquiotibiales (43,44). Esta afectación provoca una disminución de la conductividad nerviosa, llegando a provocar sintomatología neuronal (45). Por lo tanto, introducir ejercicios de deslizamiento neural sobre el nervio ciático es una correcta forma de prevenir y/o tratar sintomatología neural, después de una rotura de isquiotibiales.

En las fases iniciales posteriores a la lesión, se ha sugerido que la reducción de la actividad mioeléctrica en el músculo sirve como mecanismo de protección para descargar el tejido en proceso de curación (46). Sin embargo, se ha informado de una inhibición selectiva más duradera de los isquiotibiales durante las acciones excéntricas, que puede comprometer la rehabilitación y la adaptación muscular (47). Es posible que el entrenamiento isométrico evite los mecanismos de inhibición que se producen durante las condiciones excéntricas, ya que se ha demostrado que la activación muscular voluntaria es mayor durante las contracciones isométricas (47).

Las reincidencias en las lesiones de los isquiotibiales son más comunes en los jugadores de fútbol con déficits de fuerza-resistencia, ya que los músculos lesionados se fatigan antes y muestran patrones de activación alterados (48). El entrenamiento de fuerza de los isquiotibiales en condiciones de fatiga ha demostrado efectos positivos en la función de los isquiotibiales y ha reducido las tasas de lesiones (49). El ejercicio de Single-Leg Roman Chair (figura 3), con contracciones musculares de mayor duración, es más eficaz para aumentar la resistencia de los músculos isquiotibiales que el curl nórdico (50). Esto sugiere que el entrenamiento isométrico puede ser un complemento útil junto con la carga excéntrica para acondicionar los isquiotibiales, cuando la mejora de la resistencia a la fatiga es la adaptación de entrenamiento deseada.

Los hallazgos clínicos justo después de volver al juego (fuerza, rango de movimiento y sensibilidad a la palpación) se han asociado a un mayor riesgo de lesión recurrente de isquiotibiales (51).

6. Justificación del estudio.

La incidencia anual de lesiones de isquiosurales no deja de aumentar año tras año. Además, es considerada la lesión más frecuente en futbolistas, con una aproximación de 7 roturas de isquiosurales por temporada, causando una ausencia importante, que dan como consecuencia grandes costes económicos en los clubes deportivos. Todo lo mencionado destaca la problemática que gira alrededor de las lesiones de los isquiosurales en el fútbol, y que no solo afectan a nivel individual, sino que también perjudican a nivel colectivo. La rotura de la unión miotendinosa proximal del bíceps femoral es la lesión más frecuente del complejo isquiotibial en futbolistas, y la que más recidivas sufre. Aun así, existe escasa evidencia sobre protocolos específicos de fisioterapia que aborden dicha lesión en futbolistas. Posiblemente porque hasta día de hoy no conocemos con claridad los efectos de los protocolos específicos en comparación con los protocolos convencionales habitualmente utilizados en las lesiones isquiosurales. Por esta misma razón, la investigación planteada tiene relevancia. El objetivo es proponer un protocolo específico a la rotura miotendinosa proximal del bíceps femoral y poder comparar los resultados con los protocolos convencionales que se utilizan en la mayoría de las lesiones agudas de los isquiotibiales. Esta propuesta de intervención puede ser el comienzo de un nuevo paradigma, que podría ayudar a devolver al futbolista lo antes posible y en las mejores condiciones al terreno de juego, y disminuir el riesgo de volver a lesionarse.

7. Hipótesis y objetivos.

Nuestra hipótesis es que un tratamiento de fisioterapia basado en criterios de progresión y ejercicios específicos tras la rotura de la UMT proximal del bíceps femoral daría mejores resultados en cuanto a días de baja y riesgo de recidiva, que un protocolo convencional de lesiones isquiotibiales.

Por lo tanto, el objetivo de este estudio es evaluar la efectividad de un protocolo específico en el tratamiento conservador de la rotura miotendinosa proximal del bíceps femoral, en comparación con un protocolo convencional de lesiones isquiotibiales, en futbolistas profesionales y semiprofesionales. La comparación se centra en 2 resultados principales: días de baja, des de la aparición de la lesión hasta el comienzo del RTP, y número de recidivas en los 6 meses posteriores.

Objetivos principales:

- Disminuir los días de baja por la lesión de isquiosurales.
- Disminuir el riesgo de recidiva.

Objetivos secundarios:

- Mejorar la extensión pasiva y activa de la rodilla
- Prevenir la afectación del nervio ciático
- Aumentar la fuerza isométrica de los isquiotibiales
- Disminuir el dolor

8. Metodología.

8.1. DISEÑO DE ESTUDIO

El presente estudio es un ensayo clínico aleatorizado, en el que los individuos se asignarán al grupo de intervención (GI) o al grupo control (GC).

El GC seguirá un protocolo convencional de lesiones isquiosurales. Este protocolo es el de Askling L, no se divide en fases y no contiene criterios de progresión.

El GI realizará un protocolo específico a la rotura de la unión miotendinosa proximal del bíceps femoral. El protocolo es un algoritmo basado en criterios de progresión, dividido en 2 fases; Fase Aguda y Fase de Regeneración.

8.2. POBLACIÓN Y MUESTRA

El estudio va dirigido a los futbolistas profesionales masculinos de equipos catalanes que participan en la Liga Nacional de Fútbol Profesional (Primera y Segunda División) o en las ligas semiprofesionales (Primera División RFEF y Segunda División RFEF) lesionados de la unión miotendinosa proximal del bíceps femoral.

Los criterios de inclusión son los siguientes:

- Futbolistas profesionales masculinos de equipos catalanes que participan en la Liga Nacional de Fútbol Profesional o en las ligas semiprofesionales.
- Edad comprendida entre 18-38 años.
- Poseer una rotura en la UMT proximal del bíceps femoral (de etiología sin contacto), que tuvo lugar durante un entrenamiento o partido (jugado dentro de los 4 días anteriores) y que obligó al jugador a cesar la actividad. Diagnosticado con ecografía o RM.
- Prescripción médica de tratamiento conservador como tratamiento de elección para la lesión que ha sufrido el futbolista.

Los criterios de exclusión del estudio son:

- Lesión adicional en semimembranoso, semitendinoso y/u otra lesión musculoesquelética.
- Avulsión y/o rotura del tendón del bíceps femoral.

- Lesión del bíceps femoral que requiere de tratamiento quirúrgico.
- Lesión reincidente.

En el transcurso de 2 temporadas consecutivas, pacientes potenciales de lesión del bíceps femoral de equipos de fútbol profesional y semiprofesional serán atraídos y reclutados para este estudio a través de anuncios en línea, correos electrónicos y contactos con médicos, entrenadores y fisioterapeutas de distintos equipos profesionales. Después del contacto inicial, los pacientes participarán en una encuesta telefónica para registrar si cumplen los criterios de inclusión/exclusión. Una vez disponemos de los pacientes elegibles, se aleatorizarán en uno de los dos grupos. El estudio fue diseñado en el Laboratorio de Actividad física, Rendimiento y Salud de la Universidad Tecnocampus Mataró.

8.3. ASIGNACIÓN DE LOS INDIVIDUOS A LOS GRUPOS DE ESTUDIO

Los individuos se aleatorizarán en uno de los dos grupos mediante un aleatorizador de investigación en línea (<http://www.randomizer.org>).

8.4. VARIABLES DE ESTUDIO

Las principales variables que se evalúan son los días de baja por lesión; desde el cese de la actividad hasta el alta médica, y la aparición de nuevas lesiones dentro de los 6 meses posteriores al RTP. Si durante el período de tiempo propuesto aparecen recaídas de la lesión, el entrenador, médico o responsable del servicio médico contactará e informará al investigador principal y coordinador del estudio; Aleix Chaparro.

Las variables secundarias son los criterios de progresión que el jugador debe superar para avanzar de fase dentro del proceso de rehabilitación. Cada fase tiene unos criterios de progresión, si el jugador no cumple la totalidad de los criterios deberá mantenerse en la fase actual, en cambio si los cumple avanzará a la siguiente fase.

El protocolo de Askling L no consta de fases, y por lo tanto no contiene criterios de progresión. El único criterio es superar el Askling H-test, al final de proceso de rehabilitación y cuando no se muestran signos clínicos de lesión. Si durante la ejecución el test, el deportista no refiere dolor ni sensación de seguridad, se da por finalizado el período de rehabilitación. En cambio, si refiere molestias, se alargará el programa de fisioterapia unos 3-5 días, hasta la repetición del test. La prueba consiste en realizar una elevación de la pierna recta lo más rápido posible hasta el punto máximo de estiramiento, en posición de decúbito supino. La pierna contralateral y el tronco están sujetos a la camilla por correas.

Se realizan 3 repeticiones por pierna, empezando por la pierna sana y sin haber realizado un calentamiento previo.

El protocolo que proponemos consta de 2 fases; Fase Aguda y Fase de Regeneración. Los criterios de progresión y los instrumentos para medir las variables de cada fase se exponen en las siguientes tablas.

Tabla 1. Criterios de progresión de la Fase Aguda

Variables, test, instrumentos y criterios para progresar (adaptado de (31,33,52)).

FASE AGUDA		
Variable	Test / instrumento	Criterio para progresar
Dolor	Marcha / EVA Contracción isométrica submáxima de flexión de rodilla en prono / EVA	No dolor
Rango de movimiento de extensión pasiva de rodilla	Extensión pasiva de rodilla	P1=R1

Presentar molestias durante la contracción isométrica de rodilla en prono se ha asociado con un mayor riesgo de recurrencia en isquiotibiales (51). Por lo que, en la fase aguda marcamos este criterio como progresión. El test consiste en realizar una resistencia isométrica por parte del examinador a 15º de flexión de rodilla en prono. Todas las valoraciones de dolor se utilizan a través de EVA, escala con alta fiabilidad para la valoración del dolor agudo (53).

En la mayoría de los estudios se recomienda tener un patrón normal de marcha libre de dolor antes de progresar en las fases rehabilitación (52). Por lo tanto, decidimos añadirlo como criterio para progresar a la siguiente fase.

Además, en la extensión pasiva de rodilla, la primera resistencia que encontramos (R1) debe ser igual al primer punto de dolor (P1), criterio de progresión importante después de una rotura miotendinosa según la British Athletics (33).

Tabla 2. Criterios de progresión de la Fase de Regeneración

Variables, test, instrumentos y criterios para progresar (adaptado de (31,33,52))

FASE DE REGENERACIÓN		
Variable	Test / instrumento	Criterio para progresar
Dolor	Entrenamiento de fuerza excéntrica e isométrico de isquiotibiales / EVA Palpación de la musculatura isquiosural / EVA	No dolor
Grados de extensión activa de rodilla	AKE test / inclinómetro	<10% asimetría
Dolor	Contracción isométrica máxima de flexión de rodilla en prono, 15º flexión de rodilla / EVA	No dolor
Fuerza isométrica de isquiotibiales	Contracción isométrica máxima de flexión de rodilla en prono, 15º flexión de rodilla / Dinamómetro manual	<10% asimetría
Deficiencias Neuronales	Slump Test	No dolor

Se ha demostrado de forma significativa la asociación entre dolor a la palpación y riesgo de recidiva en los isquiotibiales (51). Por lo tanto, es de importancia no referir dolor en la palpación de la musculatura isquiosural para poder avanzar a la fase posterior. Junto con este test, el futbolista nos dará feedback sobre las sesiones de entrenamiento. No dejaremos avanzar de fase al jugador si presenta dolor o sensación de inseguridad en la ejecución de los ejercicios excéntricos e isométricos (54).

Además del dolor a la palpación, un déficit de fuerza isométrica en flexión de rodilla es también un predictor significativo de alto riesgo de recidiva en los isquiotibiales (51). Realizamos la prueba de contracción isométrica de flexión de rodilla en prono, a 15º de flexión. El examinador realizará una resistencia isométrica a través de un dinamómetro manual, colocado en el talón del sujeto. Se le pedirá al jugador que realice fuerza hacia la flexión durante 5 segundos de forma gradual, y se realizarán 3 intentos por pierna. Una asimetría entre piernas menor al 10% cumple con el criterio de progresión.

El ROM pasivo de cadera no ha demostrado tener relación significativa con la aparición de lesiones en los isquiotibiales (55). No obstante, un déficit de extensión activa de rodilla sí que se asocia como predictor significativo de recidiva en los isquiotibiales (51). El AKE test (*active knee extensión*) es una prueba confiable y válida para valorar la extensión activa de la rodilla (56). El test se realiza con el jugador en decúbito supino, colocando la cadera homolateral a 90º, en esta posición se le pide que extienda activamente la rodilla hasta alcanzar el estiramiento máximo. La pierna contralateral debe de quedar paralela al suelo. Previamente, se le colocan al jugador 2 inclinómetros, 1 en el tercio medio anterior del muslo, y otro en el tercio medio anterior de la tibia, sujetos ambos por correas. De esta manera, valoramos los grados de extensión activa de rodilla, ya que el inclinómetro es un instrumento fiable y validado para la medición de la movilidad articular de la rodilla (57). Es de gran importancia, cumplir con <10% asimetría entre ambos miembros para poder avanzar de fase.

Como ya se ha comentado anteriormente, la rotura de isquiotibiales puede provocar afectación del nervio ciático. Para valorar las posibles deficiencias neuronales, utilizamos el Slump Test, prueba altamente sensible para identificar dolor neuropático (58). Si se observa dolor en la ejecución del test, el jugador no tendrá permiso para avanzar de fase. Para la realización del test, se le pide al jugador que se siente y mantenga una postura con flexión cervical y extensión activa de rodilla del miembro afectado. Si el deportista no presenta dolor cumple con el criterio de progresión.

8.5. PROCEDIMIENTO

La totalidad del estudio se llevará a cabo en el Laboratorio de Actividad física, Rendimiento y Salud de la Universidad Tecnocampus Mataró. El laboratorio de la universidad será la principal estructura a utilizar, que durante su uso será reservado únicamente para nosotros. En cuanto al equipamiento necesario lo dividimos en recursos materiales dedicados a la valoración; 1 dinamómetro manual, 2 inclinómetros, correas ajustables y camillas. Por otro lado, el material que se utilizará para poder llevar a cabo el protocolo de ejercicios; mini-band, bandas elásticas, esterillas, banco de gimnasio, roman chair, vallas de salto, mini vallas, kettlebells, fitball, cinta de correr, cajón box y TRX. Las unidades de cada material y el precio total se especifican en el apartado Presupuesto.

El proyecto de investigación está formado por el investigador principal, 2 fisioterapeutas independientes encargados de realizar las valoraciones y 4 fisioterapeutas con la función de instruir y supervisar los ejercicios.

Durante el transcurso de 2 años, los futbolistas que participen en el estudio deberán de seguir el programa de fisioterapia que se les asigne. Para esto, serán instruidos y supervisados para la correcta realización del protocolo.

El GC realizará el protocolo en el gimnasio 3 veces por semana; lunes, miércoles y viernes por la mañana. La realización del protocolo será supervisada por un fisioterapeuta graduado. Los viernes al mediodía se realizarán las valoraciones por un fisioterapeuta independiente al estudio. El examinador valorará la flexibilidad de los isquiotibiales a través de la elevación de la pierna recta y de la extensión pasiva y activa de la rodilla, la fuerza de los isquiotibiales, que será medida con la Escala de Daniels, y la tolerancia a la palpación de la musculatura afectada. Cuando la valoración clínica ya no presente síntomas ni déficits importantes, que será a finales del proceso de rehabilitación, se realizará el Askling H-Test. El test se realizará los sábados por la mañana, para evitar la fatiga posterior a la sesión. El resultado negativo de este test, es decir, no referir dolor ni sensación de inseguridad, da por finalizado el período de rehabilitación. En cambio, si el test es positivo, el programa de fisioterapia se extiende de 3-5 días, hasta la repetición del test.

El GI iniciará el protocolo en la Fase Aguda, entrenando diariamente en el gimnasio, de lunes a viernes por las tardes. Los jugadores serán instruidos y supervisado por un fisioterapeuta. Los sábados por la tarde se realizarán las valoraciones para comprobar el cumplimiento de los criterios de progresión. La valoración será realizada por una fisioterapeuta independiente al estudio. Los criterios de progresión son los especificados en el apartado de Variables. Si los deportistas superan todos los criterios de progresión, avanzarán a la Fase de Regeneración, sino lo hacen se mantendrán en la fase actual hasta la próxima valoración. En la Fase de Regeneración, los sujetos trabajarán en el gimnasio los lunes, miércoles y viernes por la tarde. Las sesiones de carrera se realizarán en cinta de correr. Si se cumplen los criterios de progresión en su totalidad, se dará por finalizado el período de rehabilitación. En el caso de que no se cumplan todos los criterios, la intervención se alargará hasta una nueva valoración.

8.6. DESCRIPCIÓN DE LA PROPUESTA DE INTERVENCIÓN

El grupo control realizará el protocolo de Askling L para las lesiones agudas de los isquiotibiales (30). Los participantes iniciarán la rehabilitación pasados 5 días des de la fecha de la lesión. El protocolo consiste en 3 ejercicios distintos, donde el primer ejercicio tiene como objetivo aumentar la flexibilidad, el segundo es un ejercicio de fuerza y estabilización de tronco y pelvis, y el tercero consiste en un ejercicio de fuerza más específico. En ningún momento se permite la provocación de dolor durante la ejecución de los ejercicios. El protocolo tiene una duración aproximada de entre 4-8 semanas, dependerá del contexto, las características de cada deportista y la gravedad de la lesión. La duración exacta de la rehabilitación lo marca un resultado negativo en el Test H-Askling. Semanalmente se realiza un examen clínico que consiste en una evaluación de la flexibilidad y de la fuerza de ambas piernas y comprobar si la palpación produce dolor. A final del proceso de rehabilitación, cuando ya no se muestran signos de lesión, se realiza el Test Askling H, si el deportista

no tiene dolor ni sensación de inseguridad se da por finalizado el periodo de rehabilitación. En cambio, si refiere molestias o inseguridad se extienda el período de rehabilitación hasta la repetición de la prueba (3-5 días más). La imagen y los aspectos técnicos del ejercicio se explican en la tabla 1. Por otro lado, la frecuencia, el volumen, la intensidad y la progresión de cada ejercicio se detallan en la tabla 2.

Tabla 3. Protocolo Askling L

Ejercicios que componen el Protocolo Askling L (adaptado de (30))

The Extender	
	
<p>El jugador, con la ayuda de sus manos, debe sujetar y estabilizar el muslo de la pierna lesionada con la cadera flexionada aproximadamente 90° y luego realizar extensiones lentas de rodilla hasta justo antes de sentir el dolor</p>	
The Diver	
	
<p>Se realiza una flexión de la cadera (desde una posición erguida del tronco) de la pierna lesionada, de pie y simultáneamente estirando los brazos hacia adelante e intentando la extensión máxima de</p>	

la cadera de la pierna levantada mientras se mantiene la pelvis horizontal; los ángulos de la rodilla deben mantenerse entre 10 y 20° en la pierna de pie y en 90° en la pierna levantada.

The Glider



Se inicia desde una posición con el tronco erguido, una mano agarrada a un soporte y las piernas ligeramente separadas. Todo el peso del cuerpo debe estar sobre el talón de la pierna lesionada (pierna adelantada) con una ligera flexión de la rodilla. El movimiento se inicia deslizando hacia atrás sobre la otra pierna y se detiene antes de que se alcance el dolor. El movimiento de regreso a la posición inicial debe realizarse con la ayuda de ambos brazos, no utilizando la pierna lesionada.

Tabla 4. Frecuencia, volumen y progresiones del protocolo Askling L

Carga de los ejercicios del Protocolo Askling L (adaptado de (30))

EJERCICIO	THE EXTENDER	THE DIVER	THE GLIDER
FRECUENCIA	Dos veces al día	Una vez cada 2 días	Una vez cada 3 días
VOLUMEN	3 x 12 repeticiones	3 x 6 repeticiones	3 x 4 repeticiones
PROGRESIÓN			Aumentar velocidad y distancia de deslizamiento

Los participantes que forman parte del G1 realizarán un protocolo basado en criterios y específico tras la rotura de la UMT proximal del bíceps femoral.

El protocolo se compone de 2 fases; Fase Aguda y Fase de Regeneración. La Fase Aguda suele durar del día 0 al día 5 de la lesión aproximadamente, mientras que la fase de regeneración tiene una duración aproximada de los días 5 al 14 post lesión, dependerá de las características de la rotura y del contexto del deportista. En la Tabla 3 se enumeran los distintos objetivos a trabajar en cada fase y los

criterios a cumplir para poder pasar a la siguiente fase. Superar los criterios de la Fase de Regeneración permite al deportista pasar a la Fase Funcional, que se especifica en el TFG DE CAFE. Si no se superan 1 o más criterios, el futbolista debe mantenerse en la fase actual.

Tabla 5. Objetivos y criterios de la Fase Aguda y Fase de Regeneración

Criterios de progresión y objetivos de cada fase del Protocolo específico (adaptado de (31,33))

FASE AGUDA	FASE DE REGENERACIÓN
<p><u>Objetivos</u></p> <ul style="list-style-type: none"> - Evitar la inhibición. - Promover la reparación tisular. - Corregir diferentes factores de riesgo. 	<p><u>Objetivos</u></p> <ul style="list-style-type: none"> - Desarrollar resistencia a la fatiga muscular. - Enfatizar la carga excéntrica dominante en la cadera. - Aumentar la carga excéntrica de los isquiotibiales distales con ejercicio dominante de rodilla. - Corregir diferentes factores de riesgo.
<p><u>Criterios</u></p> <ul style="list-style-type: none"> - Libre de dolor al caminar. - No dolor en la contracción isométrica submáxima de flexión de rodilla en decúbito prono. - P1=R1 en extensión pasiva de rodilla 	<p><u>Criterios</u></p> <ul style="list-style-type: none"> - Entrenamiento de fuerza excéntrica e isométrico tolerado con progresión en la carga y tensión de elongación. - <10% asimetría en AKE Test. - <10% asimetría y no dolor en la contracción isométrica de isquiotibiales en posición prono y rodilla flexionada a 15°. - No dolor en Slump Test

P1; primer punto de dolor, R1; primera resistencia.

Ilustración 1. Fases y progresión (elaboración propia)



Durante la fase aguda los deportistas trabajan 1 sesión diaria con ejercicios integrados de movilidad, fuerza y control lumbo pélvico. Los ejercicios se realizarán según tolerancia del deportista, manteniendo el dolor por debajo de 3/10 en escala EVA.

Tabla 6. Protocolo Fase Aguda

Ejercicios que componen la Fase Aguda del Protocolo Específico (adaptado de (31,33,59))

PROTOCOLO FASE AGUDA	
MOVILIDAD	<ul style="list-style-type: none"> - Neurodinamia del miembro inferior (3 x 12 reps) - Movilidad dinámica de cuádriceps (2 x 8 reps) - Movilidad dinámica de isquiotibiales con fitball (2 x 8 reps) - Movilidad dinámica de isquiotibiales en supino (2 x 8 reps) - Estiramiento en tensión pasiva de isquiotibiales en supino (2 x 8 reps)
GLÚTEO	<ul style="list-style-type: none"> - Puente glúteo bilateral (3 x 6 reps x 3 seg*) - Extensión de cadera en prono (2 x 10 reps x 3 seg) - Clamshell con banda elástica (3 x 6 reps x 3 seg) - Abd de cadera en supino con banda elástica (3 x 6 reps x 3 seg)
FUERZA ISQUIO	<ul style="list-style-type: none"> - Isométricos en prono (longitud larga y media) (2 x 5reps x 5 seg) - Sentadilla (3 x 10 reps) - Step ups (3 x 10 reps) - Deadlift Roman chair isometric (2 x 5 reps x 5 seg)
CONTROL LUMBOPÉLVICO	<ul style="list-style-type: none"> - Birdog (2 x 5 reps x 5 seg) - Plancha lateral con los pies en banco (2 x 5 reps x 5 seg) - Leg scissors on the floor (2 x 5 reps x 5 seg)

* 3 seg; mantener 3 segundos de contracción isométrica al final de movimiento.

Ilustración 2. Estiramiento en tensión pasiva de isquiotibiales en supino

(elaboración propia)



Ilustración 3. Isométricos de flexión de rodilla en prono (longitud larga y media)

(elaboración propia)



Durante el protocolo de la Fase de Regeneración se realiza 1 sesión de entrenamiento cada 2 días, la carga aumenta respecto a la etapa anterior, se prioriza el movimiento excéntrico y se introduce ejercicios de técnica de carrera. La tolerancia a los ejercicios por parte del deportista marcará la intensidad, no se superará un 3/10 en EVA. El peso en los ejercicios lo marcará el RPE del deportista, que debe mantenerse en una intensidad moderada, 6-7/10.

Tabla 7. Protocolo Fase de Regeneración

Ejercicios que componen la Fase de Regeneración del Protocolo específico (adaptado de (31,33,59))

PROTOCOLO FASE REGENERACIÓN	
MOVILIDAD	<ul style="list-style-type: none">- Neurodinamia del miembro inferior (3 x 12 reps)- Movilidad dinámica de isquiotibiales con fitball (2 x 8 reps)- Movilidad dinámica de isquiotibiales en supino (2 x 8 reps)- Estiramiento en tensión pasiva de isquiotibiales en supino (2 x 8 reps)
GLÚTEO	<ul style="list-style-type: none">- Puente glúteo unilateral + patada contralateral (2 x 5 reps x 3 seg)- 90/90 puente glúteo (3 x 6 reps x 3 seg)- Paso lateral con banda elástica (3 x 10 pasos)
FUERZA ISQUIO	<ul style="list-style-type: none">- Single Leg Romanian Chair isometric (3 x 6 reps x 5 seg)- Peso muerto rumano a una pierna (3 x 8 reps)- Puente unilateral de isquiotibiales (3 x 5 reps x 3 seg)- Isométrico unilateral de isquio de pie (longitud larga) (2 x 6 reps x 5 seg)
CONTROL LUMBOPÉLVICO	<ul style="list-style-type: none">- Press Pallof (3 x 8 reps x 5 seg)- Sentadilla unilateral con TRX (3 x 8 reps)- Leg scissors on the floor (2 x 5 reps x 5 seg)
	<ul style="list-style-type: none">- Hurdle drills en el plano frontal y sagital.

TÉCNICA DE CARRERA	<ul style="list-style-type: none"> - Running drills en el plano frontal y sagital - Introducimos carrera (4 x 5', cada 3 días, intensidad 4-6/10 RPE)
---------------------------	---

La carrera aeróbica se introduce cuando el deportista es capaz de superar 3 sesiones consecutivas de técnica de carrera sin dolor ni molestias. Las sesiones de carrera se trabajan a una intensidad leve-moderada, y cualquier sensación de molestia obliga la suspensión de la sesión.

Ilustración 4. Puente de isquiotibiales unilateral

(elaboración propia)



Ilustración 5. Leg Scissors on the floor

(elaboración propia)



8.7. ANÁLISIS ESTADÍSTICO

Los datos se analizaron utilizando el software IBM® SPSS Statistics para Windows (versión 22,0, Chicago, IL, USA).

El número de nuevas lesiones se presenta como recuentos y proporciones. Las diferencias en el número de reincidencias en jugadores de fútbol asignados a los grupos GI o GC se presentan como un riesgo relativo (RR), con el riesgo del grupo GI dividido por el riesgo de GC.

Las variables continuas se presentan como medias \pm SD a menos que se indique lo contrario.

8.8. CONSIDERACIONES ÉTICAS

El presente estudio respetó el derecho a la participación voluntaria y libre en el proyecto, prevaleciendo el bienestar de los participantes sobre los intereses del estudio.

Los protocolos de intervención del presente estudio, así como los documentos de información al participante y de consentimiento informado (Anexo I), serán enviados para su aprobación al Comité de Ética de la Escuela Superior de Ciencias de la Salud de TecnoCampus, con el fin de garantizar el cumplimiento de los aspectos éticos de la investigación.

Todos los participantes del estudio serán informados por el investigador principal, de forma oral y escrita, mediante la hoja de información al participante, que expone de forma detallada y precisa los datos y objetivos del estudio y garantía de protección de datos, la cual estará disponible en castellano y catalán. En caso de que el sujeto acepte participar en el presente estudio, se procederá a la firma del consentimiento informado, el cual informa de la participación voluntaria y de la posibilidad de retirarse en cualquier momento, sin dar explicaciones y sin repercusión alguna, también estará disponible en castellano y catalán.

El presente estudio garantizará la confidencialidad de los datos personales de los participantes, de acuerdo con la Ley Orgánica 3/2018, de 5 de diciembre, de protección de datos personales y garantía de los derechos digitales y el Reglamento general (UE) 2016/679, de 27 de abril de 2016, de protección de datos (RGPD).

Todos los datos y documentos de carácter personal de los participantes se almacenarán únicamente en carpetas de Google Drive de cuentas de usuarios de TecnoCampus, y sólo podrá tener acceso el investigador principal.

En el caso de coincidir en la intervención con otros participantes, se solicitará a cada participante el compromiso de no revelar lo declarado por otras personas.

Durante el desarrollo de la investigación se respetarán en todo momento los principios éticos de la declaración de Helsinki (60), permitiendo que en cualquier momento los participantes puedan abandonar voluntariamente el estudio de forma libre, sin que eso suponga ningún perjuicio o cambio en el tratamiento habitualmente recibido, además se respetarán todos los principios del Código Deontológico del Colegio de Fisioterapeutas.

9. Cronograma.

Tabla 8. Cronograma del proyecto

Etapas del proyecto de investigación (elaboración propia)

ETAPAS DEL PROYECTO																																			
2022												2023												2024											
E	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D	E	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D	E	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D
REVISIÓN BIBLIOGRÁFICA																																			
REDACCIÓN DEL MARCO TEÓRICO Y ANTECEDENTES																																			
PROPUESTA HIPÓTESIS, JUSTIFICACIÓN Y OBJETIVOS																																			
DISEÑO DEL ESTUDIO																																			
APROBACIÓN DEL COMITÉ DE ÉTICA																																			
RECLUTAMIENTO DE PARTICIPANTES																																			
INTERVENCIÓN																																			
VALORACIONES																																			
RECOGIDA DE DATOS																																			
ANÁLISIS ESTADÍSTICO																																			
INTERPRETACIÓN DE LOS DATOS																																			
REDACCIÓN MEMORIA FINAL																																			
PUBLICACIÓN DEL ESTUDIO																																			

10. Presupuesto

Tabla 9. Presupuesto

Presupuesto del proyecto (elaboración propia)

Material	Q	Precio Unidad	Precio Total	Web
Dinamómetro manual	1	399,00 €	399,00 €	https://www.fysiosupplies.es/activforce-2-digital-dynamometer
Mini-band	10	1,60 €	15,98 €	https://www.amazon.es/Elasticas-Resistencia-Ejercicios-entrenamiento-fisioterapia/dp/B016A9IUWY/ref=asc_df_B016A9IUWY/?tag=googshopes-21&linkCode=df0&hvadid=82839998170&hvpos=&hvnw=g&hvrnd=1391570577268722749&hvpone=&hvptwo=&hvmqmt=&hvdev=c&hvdvcmdl=&hvlocint=&hvllocphy=1005427&hvtargid=pla-170586874330&pssc=1
Banda elástica 35kg	2	12,99 €	25,98 €	https://www.decathlon.es/es/browse/c0-deportes/c1-cross-training-y-entrenamiento-funcional/c3-bandas-elasticas/_/N-03kxwv
Banda elástica 45kg	1	15,99 €	15,99 €	https://www.decathlon.es/es/browse/c0-deportes/c1-cross-training-y-entrenamiento-funcional/c3-bandas-elasticas/_/N-03kxwv
Banda elástica 25kg	2	9,99 €	19,98 €	https://www.decathlon.es/es/browse/c0-deportes/c1-cross-training-y-entrenamiento-funcional/c3-bandas-elasticas/_/N-03kxwv
Esterilla	10	6,45 €	64,50 €	https://www.givemefit.com/es/colchonetas/994-758-colchoneta-yoga-pvc.html#/246-codchonetas_yoga_pvc-1730x610x6_mm_verde
Banco gimnasio	2	49,99 €	99,98 €	https://www.amazon.es/soges-Multifuncional-Mancuernas-Ejercicios-JHYN-3107-1/dp/B09CPXBHL1/ref=sr_1_16?adgrpid=116695147322&gclid=CjwKCAjwve2TBhByEiwAaktM1L3ySotFDawBpDQ2lzo5mKRbIk5_XFKAIeITudDH3TFYLIB_sYQkhoC3_AQAvD_BwE&hvadid=485918030851&hvdev=c&hvllocphy=1005427&hvnw=g&hvmqmt=&hvrnd=784954773304024639&hvtargid=kwid-312744040784&hydadcr=3223_1809156&keywords=bancos+de+pesa&qid=165258193&sr=8-16
Roman Chair	2	69,95 €	139,90 €	https://www.amazon.es/Physionics-Aparato-Para-Ejercitar-Espalda/dp/B007F8TPLK/ref=sr_1_1?__mk_es_ES=%3C3%85M%3C3%85%5B%D%3C3%95%3C3%91&crd=12ML465B1B93T&keywords=Roman+chair&qid=165258272&sprefix=roman+chair%2Caps%2C78&sr=8-1
Valla de salto	5	22,68 €	113,40 €	https://www.trendingfit.com/pliometricos/482-valla-salto-plastico.html?gclid=CjwKCAjwve2TBhByEiwAaktM1NQvEugqjXJRqutchVghoNWHkUBCo3f655_RmaN3aGyTAmSgY2hoCGuQAvD_BwE
Mini vallas (3)	2	19,99 €	39,98 €	https://www.amazon.es/obst%C3%A1culos-entrenamiento-taladro-Agility-unidades/dp/0794006329/ref=sr_1_12?__mk_es_ES=%3C3%85M%3C3%85%5B%D%3C3%95%3C3%91&crd=COLZBVNYOBR&keywords=mini+vallas+de+entrenamiento&qid=1652258771&s=sports&prefix=mini+vallas+de+entrenamiento%2Csporting%2C72&sr=1-12
Kettlebell 10kg	2	26,95 €	53,90 €	https://www.decathlon.es/es/p/mp/ivol/kettlebell-para-uso-en-interiores-y-exteriores-plastico-negro-10-kg/_/R-p-31c0dd87-140e-44d7-9b2e-f966f7ec4aad?mc=31c0dd87-140e-44d7-9b2e-f966f7ec4aad_c1&c=NEGRO
Kettlebell 16kg	2	34,95 €	69,90 €	https://www.decathlon.es/es/p/mp/ivol/kettlebell-para-uso-en-interiores-y-exteriores-plastico-negro-16-kg/_/R-p-3a677732-4078-41fb-9834-7258e495774d?mc=3a677732-4078-41fb-9834-7258e495774d_c1&c=NEGRO
Kettlebell 20kg	2	39,79 €	79,58 €	https://www.decathlon.es/es/p/mp/vimas-sport/kettlebell-vinilo-20kg/_/R-p-4e08cf0a-b3a4-4494-aa26-75c68dbd3e32?mc=4e08cf0a-b3a4-4494-aa26-75c68dbd3e32_c251&c=GRIS
Fitball	3	9,50 €	28,50 €	https://www.boomfit.com/es/balones-de-pilates/39-balón-de-pilates-55cm-5600857601143.html?utm_source=google&utm_medium=cpc&gclid=CjwKCAjwve2TBhByEiwAaktM1Nt1LKUdvGiYnfXciDQ2WfVexPa7IVOp_Dba-tIjWLUeW9hgJBLhoCtCEQAvD_BwE
Inclinómetro	2	135,00 €	270,00 €	https://www.lacasadelfisio.com/inclinometros/2699-inclinometro-con-base-ajustable-baseline-acuangle.html?cid=456
Correas ajustables (4)	1	15,99 €	15,99 €	https://www.amazon.es/AMACOAM-Hebillas-Plastico-Liberaci%C3%B3n-Compresi%C3%B3n/dp/B07YFYD4M9/ref=asc_df_B07YFYD4M9/?tag=googshopes-21&linkCode=df0&hvadid=391041605657&hvpos=&hvnw=g&hvrnd=15327891736864792309&hvpone=&hvptwo=&hvmqmt=&hvdev=c&hvdvcmdl=&hvlocint=&hvllocphy=1005427&hvtargid=pla-838755135088&pssc=1
Cinta correr	1	549,99 €	549,99 €	https://www.decathlon.es/es/p/cinta-de-correr-plegable-domyos-run100e-a/_/R-p-329423?mc=8759370
Camilla	3	104,99 €	314,97 €	https://www.quirumed.com/es/camilla-plegable-de-aluminio-basico-186-x-60-cm.html?uid=27219&sku=359-bm2723-10&gclid=CjwKCAjwve2TBhByEiwAaktM1ORP_ISYnpjs6JOx07JM8GYDwr6ZocjD6iu-laad0E2JTBLEssq3hoCnT8QAvD_BwE
Box cajón	2	79,99 €	159,98 €	https://www.decathlon.es/es/p/jump-box-cajon-pliedometrico-cross-training-musculacion-madera/_/R-p-178251?mc=8484144&c=AMARILLO
TRX	2	44,95 €	89,90 €	https://www.decathlon.es/es/p/mp/matchu-sports/correas-de-suspension-suspension-trainer-negro-amarillo/_/R-p-22060005-2bd1-4059-a084-b7b1d40c14e4?mc=22060005-2bd1-4059-a084-b7b1d40c14e4_c1&c=NEGRO
TOTAL			2.567,40 €	

El presupuesto del proyecto se basa en el material necesario para que cada jugador pueda realizar el protocolo de ejercicios y para tener los instrumentos y equipamiento necesarios para llevar a cabo las valoraciones.

El presupuesto necesario para realizar la investigación es de 2.567,40€.

11. Limitaciones y prospectiva

En primer lugar, hay que destacar que la fase de recogida de datos tiene la duración de 2 temporadas consecutivas. Esta decisión fue tomada para conseguir el máximo número de futbolistas lesionados de la unión miotendinosa proximal del bíceps femoral. Aunque, la incidencia de lesión en isquiotibiales se mantiene elevada cada año, nuestra muestra de estudio estará supeditada al número de lesiones que se den durante el período de tiempo establecido. Además, pueden presentarse períodos dónde no haya futbolistas con dicha lesión.

Nuestro proyecto depende de la colaboración con los clubes deportivos, ya que los responsables del servicio médico de cada club serán los que derivarán a sus jugadores lesionados de la UMT del bíceps femoral a nuestro estudio. Nos podemos encontrar que no todos los clubs quieran o puedan colaborar en el proyecto, o en el caso de que colaboren con nosotros, existe el riesgo de que los clubs decidan que sus jugadores realicen el proceso de rehabilitación en sus instalaciones.

Por último, el estudio tiene una limitación económica, ya que son necesarios 2567€ para llevar a cabo la investigación. No obstante, la financiación del proyecto se realizará a través de la Federación Española de Fútbol y la Universidad Tecnocampus.

El presente proyecto de investigación ofrecerá un protocolo específico que recoge la mejor evidencia disponible sobre el manejo de la rotura miotendinosa proximal del bíceps femoral. Además, los futuros resultados podrían cambiar la perspectiva de tratamiento de las lesiones isquiotibiales, sustituyendo los protocolos generales por propuestas más específicas al músculo dañado y a la ubicación de la lesión, y demostrando que los protocolos basados en fases y criterios de progresión permiten una individualización del programa y progresiones distintas en función de las características propias de cada jugador.

Planteamos como futura línea de investigación, analizar el efecto de estos protocolos en futbolistas femeninas, adaptando el programa a sus características morfológicas.

12. Referencias bibliográficas.

1. Ekstrand J, Hägglund M, Waldén M. Epidemiology of muscle injuries in professional football (soccer). *American Journal of Sports Medicine*. 2011 Jun;39(6):1226–32.
2. Ekstrand J. Keeping your top players on the pitch: The key to football medicine at a professional level. *British Journal of Sports Medicine*. 2013 Aug;47(12):723–4.
3. Ekstrand J, Hägglund M, Waldén M. Injury incidence and injury patterns in professional football: the UEFA injury study. *British Journal of Sports Medicine*. 2011 Jun 1;45(7):553–8.
4. Ekstrand J, Waldén M, Hägglund M. Hamstring injuries have increased by 4% annually in men's professional football, since 2001: a 13-year longitudinal analysis of the UEFA Elite Club injury study. *British Journal of Sports Medicine*. 2016 Jun;50(12):731–7.
5. Vaughn JE, Cohen-Levy WB. Anatomy, Bony Pelvis and Lower Limb, Posterior Thigh Muscles. 2022.
6. Ekstrand J, Healy JC, Waldén M, Lee JC, English B, Hägglund M. Hamstring muscle injuries in professional football: the correlation of MRI findings with return to play. *British Journal of Sports Medicine*. 2012 Feb;46(2):112–7.
7. Ayuob A, Kayani B, Haddad FS. Musculotendinous Junction Injuries of the Proximal Biceps Femoris: A Prospective Study of 64 Patients Treated Surgically. *The American Journal of Sports Medicine*. 2020 Jul 30;48(8):1974–82.
8. Dolman B, Verrall G, Reid I. Physical principles demonstrate that the biceps femoris muscle relative to the other hamstring muscles exerts the most force: implications for hamstring muscle strain injuries. *Muscles Ligaments Tendons J*. 2014 Jul;4(3):371–7.
9. Mueller-Wohlfahrt HW, Haensel L, Mithoefer K, Ekstrand J, English B, McNally S, et al. Terminology and classification of muscle injuries in sport: The Munich consensus statement. *British Journal of Sports Medicine*. 2013 Apr;47(6):342–50.
10. Järvinen TAH, Järvinen TLN, Kääriäinen M, Kalimo H, Järvinen M. Muscle Injuries. *The American Journal of Sports Medicine*. 2005 May 30;33(5):745–64.
11. Askling CM, Tengvar M, Saartok T, Thorstensson A. Proximal Hamstring Strains of Stretching Type in Different Sports. *The American Journal of Sports Medicine*. 2008 Sep 30;36(9):1799–804.
12. Peetrons P. Ultrasound of muscles. *European Radiology*. 2002 Jan 19;12(1):35–43.
13. Askling CM, Tengvar M, Saartok T, Thorstensson A. Acute First-Time Hamstring Strains during High-Speed Running. *The American Journal of Sports Medicine*. 2007 Feb 30;35(2):197–206.
14. Dueweke JJ, Awan TM, Mendias CL. Regeneration of Skeletal Muscle After Eccentric Injury. *Journal of Sport Rehabilitation*. 2017 Mar;26(2):171–9.
15. Jakobsen JR, Krogsgaard MR. The Myotendinous Junction—A Vulnerable Companion in Sports. A Narrative Review. *Frontiers in Physiology*. 2021 Mar 26;12.

16. Knudsen AB, Larsen M, Mackey AL, Hjort M, Hansen KK, Qvortrup K, et al. The human myotendinous junction: An ultrastructural and 3D analysis study. *Scandinavian Journal of Medicine & Science in Sports*. 2015 Feb;25(1):e116–23.
17. Curzi D, Sartini S, Guescini M, Lattanzi D, di Palma M, Ambrogini P, et al. Effect of Different Exercise Intensities on the Myotendinous Junction Plasticity. *PLOS ONE*. 2016 Jun 23;11(6):e0158059.
18. Palma L de, Marinelli M, Pavan M, Bertoni-freddari C. Involvement of the muscle-tendon junction in skeletal muscle atrophy: an ultrastructural study [Internet]. Vol. 52, *Rom J Morphol Embryol*. 2011. Available from: <http://www.rjme.ro/>
19. Bengtsson H, Ekstrand J, Waldén M, Hägglund M. Few training sessions between return to play and first match appearance are associated with an increased propensity for injury: a prospective cohort study of male professional football players during 16 consecutive seasons. *British Journal of Sports Medicine*. 2020 Apr;54(7):427–32.
20. Haeger R, de Souza Leite F, Rassier DE. Sarcomere length non-uniformities dictate force production along the descending limb of the force–length relation. *Proceedings of the Royal Society B: Biological Sciences*. 2020 Oct 28;287(1937):20202133.
21. de Lisio M, Farup J, Sukiennik RA, Clevenger N, Nallabelli J, Nelson B, et al. The acute response of pericytes to muscle-damaging eccentric contraction and protein supplementation in human skeletal muscle. *Journal of Applied Physiology*. 2015 Oct 15;119(8):900–7.
22. Boppart MD, Burkin DJ, Kaufman SJ. Integrin regulates mechanotransduction and prevents skeletal muscle injury. *American Journal of Physiology-Cell Physiology*. 2006 Jun;290(6):C1660–5.
23. Pacheco L, García J. Sobre la aplicación de estiramientos en el deportista sano y lesionado. *Apunts: Medicina de l'esport*. 2010;45(166).
24. Gronwald T, Klein C, Hoenig T, Pietzonka M, Bloch H, Edouard P, et al. Hamstring injury patterns in professional male football (soccer): a systematic video analysis of 52 cases. *British Journal of Sports Medicine*. 2022 Feb;56(3):165–71.
25. Huygaerts S, Cos F, Cohen DD, Calleja-González J, Guitart M, Blazeovich AJ, et al. Mechanisms of Hamstring Strain Injury: Interactions between Fatigue, Muscle Activation and Function. *Sports*. 2020 May 18;8(5):65.
26. van der Made AD, Wieldraaijer T, Kerkhoffs GM, Kleipool RP, Engebretsen L, van Dijk CN, et al. The hamstring muscle complex. *Knee Surgery, Sports Traumatology, Arthroscopy*. 2015 Jul 5;23(7):2115–22.
27. 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. *British Journal of Sports Medicine*. 2020 Sep;54(18):1081–8.
28. Schuermans J, Danneels L, van Tiggelen D, Palmans T, Witvrouw E. Proximal Neuromuscular Control Protects Against Hamstring Injuries in Male Soccer Players: A

- Prospective Study With Electromyography Time-Series Analysis During Maximal Sprinting. *The American Journal of Sports Medicine*. 2017 May 1;45(6):1315–25.
29. Hägglund M, Waldén M, Ekstrand J. Risk Factors for Lower Extremity Muscle Injury in Professional Soccer. *The American Journal of Sports Medicine*. 2013 Feb 21;41(2):327–35.
 30. Askling CM, Tengvar M, Thorstensson A. Acute hamstring injuries in Swedish elite football: a prospective randomised controlled clinical trial comparing two rehabilitation protocols. *British Journal of Sports Medicine*. 2013 Oct;47(15):953–9.
 31. MENDIGUCHIA J, MARTINEZ-RUIZ E, EDOUARD P, MORIN JB, MARTINEZ-MARTINEZ F, IDOATE F, et al. A Multifactorial, Criteria-based Progressive Algorithm for Hamstring Injury Treatment. *Medicine & Science in Sports & Exercise*. 2017 Jul;49(7):1482–92.
 32. Mendiguchia J, Brughelli M. A return-to-sport algorithm for acute hamstring injuries. *Physical Therapy in Sport*. 2011 Feb;12(1):2–14.
 33. Macdonald B, McAleer S, Kelly S, Chakraverty R, Johnston M, Pollock N. Hamstring rehabilitation in elite track and field athletes: applying the British Athletics Muscle Injury Classification in clinical practice. *British Journal of Sports Medicine*. 2019 Dec;53(23):1464–73.
 34. Schuermans J, van Tiggelen D, Danneels L, Witvrouw E. Susceptibility to Hamstring Injuries in Soccer. *The American Journal of Sports Medicine*. 2016 May 24;44(5):1276–85.
 35. Schoenfeld BJ, Contreras B, Tiryaki-Sonmez G, Wilson JM, Kolber MJ, Peterson MD. Regional Differences in Muscle Activation During Hamstrings Exercise. *Journal of Strength and Conditioning Research*. 2015 Jan;29(1):159–64.
 36. 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. *British Journal of Sports Medicine*. 2017 Mar;51(5):469–77.
 37. Bourne MN, Williams MD, Opar DA, al Najjar A, Kerr GK, Shield AJ. Impact of exercise selection on hamstring muscle activation. *British Journal of Sports Medicine*. 2017 Jul;51(13):1021–8.
 38. LEE MJC, REID SL, ELLIOTT BC, LLOYD DG. Running Biomechanics and Lower Limb Strength Associated with Prior Hamstring Injury. *Medicine & Science in Sports & Exercise*. 2009 Oct;41(10):1942–51.
 39. Sherry MA, Best TM, Silder A, Thelen DG, Heiderscheit BC. Hamstring Strains: Basic Science and Clinical Research Applications for Preventing the Recurrent Injury. *Strength & Conditioning Journal*. 2011 Jun;33(3):56–71.
 40. Opar DA, Williams MD, Timmins RG, Hickey J, Duhig SJ, Shield AJ. Eccentric Hamstring Strength and Hamstring Injury Risk in Australian Footballers. *Medicine & Science in Sports & Exercise*. 2015 Apr;47(4):857–65.

41. THELEN DG, CHUMANOV ES, BEST TM, SWANSON SC, HEIDERSCHEIT BC. Simulation of Biceps Femoris Musculotendon Mechanics during the Swing Phase of Sprinting. *Medicine & Science in Sports & Exercise*. 2005 Nov;37(11):1931–8.
42. van Hooren B, Bosch F. Is there really an eccentric action of the hamstrings during the swing phase of high-speed running? part I: A critical review of the literature. *Journal of Sports Sciences*. 2017 Dec 2;35(23):2313–21.
43. Lohrer H, Nauck T, Konerding MA. Nerve Entrapment After Hamstring Injury. *Clinical Journal of Sport Medicine*. 2012 Sep;22(5):443–5.
44. Aggen PD, Reuteman P. Conservative rehabilitation of sciatic nerve injury following hamstring tear. *N Am J Sports Phys Ther*. 2010 Sep;5(3):143–54.
45. Kouzaki K, Nakazato K, Mizuno M, Yonechi T, Higo Y, Kubo Y, et al. Sciatic Nerve Conductivity is Impaired by Hamstring Strain Injuries. *International Journal of Sports Medicine*. 2017 Oct 11;38(11):803–8.
46. Opar DA, Williams MD, Shield AJ. Hamstring Strain Injuries. *Sports Medicine*. 2012 Mar;42(3):209–26.
47. Opar DA, Williams MD, Timmins RG, Dear NM, Shield AJ. Rate of Torque and Electromyographic Development During Anticipated Eccentric Contraction Is Lower in Previously Strained Hamstrings. *The American Journal of Sports Medicine*. 2013 Jan 29;41(1):116–25.
48. Greig M. The Influence of Soccer-Specific Fatigue on Peak Isokinetic Torque Production of the Knee Flexors and Extensors. *The American Journal of Sports Medicine*. 2008 Jul 6;36(7):1403–9.
49. Small K, McNaughton L, Greig M, Lovell R. Effect of Timing of Eccentric Hamstring Strengthening Exercises During Soccer Training: Implications for Muscle Fatigability. *Journal of Strength and Conditioning Research*. 2009 Jul;23(4):1077–83.
50. Macdonald B, O'Neill J, Pollock N, van Hooren B. Single-Leg Roman Chair Hold Is More Effective Than the Nordic Hamstring Curl in Improving Hamstring Strength-Endurance in Gaelic Footballers With Previous Hamstring Injury. *Journal of Strength and Conditioning Research*. 2019 Dec;33(12):3302–8.
51. de Vos RJ, Reurink G, Goudswaard GJ, Moen MH, Weir A, Tol JL. Clinical findings just after return to play predict hamstring re-injury, but baseline MRI findings do not. *British Journal of Sports Medicine*. 2014 Sep;48(18):1377–84.
52. Hickey JT, Timmins RG, Maniar N, Williams MD, Opar DA. Criteria for Progressing Rehabilitation and Determining Return-to-Play Clearance Following Hamstring Strain Injury: A Systematic Review. *Sports Medicine*. 2017 Jul 29;47(7):1375–87.
53. Bijur PE, Silver W, Gallagher EJ. Reliability of the Visual Analog Scale for Measurement of Acute Pain. *Academic Emergency Medicine*. 2001 Dec;8(12):1153–7.
54. Kilcoyne KG, Dickens JF, Keblish D, Rue JP, Chronister R. Outcome of Grade I and II Hamstring Injuries in Intercollegiate Athletes. *Sports Health: A Multidisciplinary Approach*. 2011 Nov 4;3(6):528–33.

55. Tokutake G, Kuramochi R, Murata Y, Enoki S, Koto Y, Shimizu T. The Risk Factors of Hamstring Strain Injury Induced by High-Speed Running. *J Sports Sci Med*. 2018;17(4):650–5.
56. Reurink G, Goudswaard GJ, Oomen HG, Moen MH, Tol JL, Verhaar JAN, et al. Reliability of the Active and Passive Knee Extension Test in Acute Hamstring Injuries. *The American Journal of Sports Medicine*. 2013 Aug 4;41(8):1757–61.
57. Gil Fernández M, Zuñil Escobar JC. Fiabilidad y correlación en la evaluación de la movilidad de rodilla mediante goniómetro e inclinómetro. *Fisioterapia*. 2012 Mar;34(2):73–8.
58. Urban LM, MacNeil BJ. Diagnostic Accuracy of the Slump Test for Identifying Neuropathic Pain in the Lower Limb. *Journal of Orthopaedic & Sports Physical Therapy*. 2015 Aug;45(8):596–603.
59. Pruna R. *MUSCLE INJURY GUIDE: Prevention of and Return to Play from Muscle Injuries*. McCall A, Clarsen B, Einar T, Pruna R, editors. 2019.
60. World Medical Association Declaration of Helsinki. *JAMA*. 2013 Nov 27;310(20):2191.

13. ANEXOS

ANEXO I. HOJA INFORMACIÓN PARA EL PARTICIPANTE

INFORMACIÓN PARA EL PARTICIPANTE

El investigador principal y coordinador del estudio, Aleix Chaparro Redondo, está llevando a cabo el proyecto de investigación: Propuesta de intervención tras la rotura miotendinosa proximal del bíceps femoral en futbolistas profesionales y semiprofesionales.

El proyecto tiene el objetivo de evaluar la efectividad de un protocolo de fisioterapia específico a la rotura miotendinosa proximal del bíceps femoral en futbolistas, en comparación con un programa general de lesiones isquiotibiales.

En primer lugar, se acogerán todos aquellos deportistas, de equipos catalanes que participan en las ligas profesionales y semiprofesionales de fútbol, diagnosticados de rotura en la unión miotendinosa proximal del bíceps femoral. Todos los participantes serán asignados aleatoriamente en uno de los dos grupos (GI o GC). El grupo de intervención realizará la propuesta de fisioterapia específica a la lesión, mientras que el grupo control llevará a cabo un protocolo general de lesiones en los isquiotibiales. Cada semana, los deportistas del GI y GC se someterán a una valoración para observar si cumplen con los criterios de progresión y así poder avanzar de fases hasta el regreso al deporte.

En el proyecto participa la Federación Española de Fútbol y colaboran los clubes de fútbol que participan en las ligas profesionales y semiprofesionales (hasta 2ª REF). En el contexto de esta investigación, le pedimos su colaboración para que realice uno de los protocolos y pueda regresar a su deporte en el mínimo tiempo posible y en buenas condiciones, ya que usted cumple con los siguientes criterios de inclusión; futbolistas profesionales masculinos de equipos catalanes que participan en la Liga Nacional de Fútbol Profesional o en las ligas semiprofesionales, edad comprendida entre 18-38 años, poseer una rotura en la UMT proximal del bíceps femoral (de etiología sin contacto), que tuvo lugar durante un entrenamiento o partido y que obligó al jugador a cesar la actividad, diagnosticado con ecografía o RM, y tener prescripción médica de tratamiento conservador como tratamiento de elección para la lesión que ha sufrido el futbolista.

Esta colaboración implica participar en todas las sesiones de gimnasio que se indiquen en el protocolo, en las instalaciones de Tecnocampus Mataró, respetando las fases y sus tiempos, y las valoraciones que se realizarán cada semana. El protocolo general consta de 3 ejercicios que se realizan con una frecuencia y carga determinada, mientras que el protocolo específico consta de 2 fases (Fase Aguda y Fase de Regeneración) con sus respectivos criterios de progresión.

Se asignará a todos los participantes un código, por lo que es imposible identificar al participante con las respuestas dadas, garantizando totalmente la confidencialidad. Los datos que se obtengan de su participación no se utilizarán con ningún otro fin distinto del explicitado en esta investigación y pasarán a formar parte de un fichero de datos, del que será máximo responsable el investigador principal. Dichos datos quedarán protegidos y almacenados en carpetas de Google Drive de cuentas de usuarios de TecnoCampus, y sólo podrá tener acceso el investigador principal.

El fichero de datos del estudio estará bajo la responsabilidad del investigador principal, ante el cual podrá ejercer en todo momento los derechos que establece la Ley Orgánica 3/2018, de 5 de diciembre, de protección de datos personales y garantía de los derechos digitales y el Reglamento general (UE) 2016/679, de 27 de abril de 2016, de protección de datos (RGPD).

Todos los participantes tienen derecho a retirarse en cualquier momento de una parte o de la totalidad del estudio, sin expresión de causa o motivo y sin consecuencias. También tienen derecho a que se les clarifiquen sus posibles dudas antes de aceptar participar y a conocer los resultados de sus pruebas.

Nos ponemos a su disposición para resolver cualquier duda que pueda surgirle.

ANEXO II. CONSENTIMIENTO INFORMADO

CONSENTIMIENTO INFORMADO

Yo, _____, mayor de edad, con DNI _____ actuando en nombre e interés propio

DECLARO QUE

He recibido información sobre el proyecto de investigación, Propuesta de intervención tras la rotura miotendinosa proximal del bíceps femoral en futbolistas profesionales y semiprofesionales, del cual se me ha entregado una hoja informativa anexa a este consentimiento informado y para el que se solicita mi participación. He entendido su significado, han sido aclaradas mis dudas y han sido expuestas las acciones que se derivan del mismo. Se me ha informado de todos los aspectos relacionados con la confidencialidad y protección de datos en cuanto a la gestión de datos personales que comporta el proyecto y las garantías tomadas en cumplimiento de la Ley Orgánica 3/2018, de 5 de diciembre, de protección de datos personales y garantía de los derechos digitales y el Reglamento general (UE) 2016/679, de 27 de abril de 2016, de protección de datos (RGPD).

Mi participación en el estudio es totalmente voluntaria y tengo derecho a renunciar del mismo en cualquier momento, revocando el presente consentimiento, sin que esta retirada pueda influir negativamente en mi persona en sentido alguno. En caso de renuncia, tengo derecho a que mis datos sean eliminados del fichero del estudio.

Por todo ello,

DOY MI CONSENTIMIENTO A:

1. Participar en el proyecto: Propuesta de intervención tras la rotura miotendinosa proximal del bíceps femoral en futbolistas profesionales y semiprofesionales
2. Que el investigador principal, Aleix Chaparro Redondo, pueda gestionar mis datos personales y difundir la información que el proyecto genere. Se garantiza que se preservará en todo momento mi identidad e intimidad, con las garantías establecidas en la Ley Orgánica 3/2018, de 5 de diciembre, de protección de datos personales y garantía de los derechos digitales y el Reglamento general (UE) 2016/679, de 27 de abril de 2016, de protección de datos (RGPD).
3. Que los investigadores conserven todos los registros efectuados sobre mi persona en soporte electrónico, con las garantías y los plazos legalmente previstos, si estuviesen establecidos, y a falta de

previsión legal, por el tiempo que fuese necesario para cumplir las funciones del proyecto para las que los datos fueron recabados.

En _____, a ____ / ____ / ____

Firma participante

Firma del investigador principal

ANEXO III. EVA DOLOR

Ilustración 6. EVA dolor



ANEXO IV. Contracción isométrica de flexión de rodilla

Ilustración 7. Contracción isométrica submáxima de flexión de rodilla en prono

(elaboración propia)



ANEXO V: Slump Test

Ilustración 8. Slump Test



ANEXO VI. AKE Test

Ilustración 9. AKE TEST (faltan inclinómetros y correas)

(elaboración propia)

