



**ESCUELA
DE ENFERMERÍA
Y FISIOTERAPIA**



SAN JUAN DE DIOS

Grado en Fisioterapia

Trabajo Fin de Grado

Título:

Valorar si el trabajo con polea isoinercial modifica la activación de los músculos que realizan extensión de cadera durante la carrera en futbolistas masculinos de entre 19 y 24 años.

Alumno: David García Jordà

Tutor: Elisa María Benito Martínez

Madrid, mayo de 2024

Índice de contenido

Índice de contenido.....	2
Índice de tablas.....	4
Índice de ilustraciones	5
Tabla de abreviaturas	6
Resumen	7
Abstract	8
1. Antecedentes y estado actual del tema.....	9
2. Evaluación de la evidencia.....	20
2.1. Palabras clave.....	20
2.2 Estrategias de búsqueda.....	21
2.3 Flujograma	24
3. Objetivos.....	25
4. Hipótesis	26
5 Metodología.....	27
5.1 Diseño.....	27
5.2 Sujetos de estudio.....	28
5.3 Variables	31
5.4 Hipótesis operativa.....	32
5.5 Recogida, análisis de datos, contraste de hipótesis	35
5.6 Limitaciones del estudio	38
5.7 Equipo de investigación.....	38
6 Plan de trabajo.....	39
6.1 Diseño de la intervención	39
6.2 Etapas del desarrollo.....	43
6.3 Distribución de las tareas de todo el equipo	43
6.4 Lugar de realización del proyecto.....	44
7. BIBLIOGRAFIA.....	45
8. ANEXOS.....	48

Anexo I: búsquedas en PUBMED.....	48
Anexo II: búsquedas en EBSCO	49
Anexo III: solicitud de aprobación para el desarrollo de investigación al CEIC	51
Anexo IV: documento informativo para los sujetos de estudio.....	52
Anexo V: hoja de consentimiento informado.....	54
Anexo VI: hoja de datos personales de los participantes.....	55
Anexo VII: base de datos de recogida de variables	56
Anexo VIII: tabla dominancia de miembro inferior	57
Anexo IX: ubicación.....	58
Anexo X: hoja de autorización para el repositorio.....	59

Índice de tablas

Tabla 1: abreviaturas. Elaboración propia.....	6
Tabla 2: palabras clave. Elaboración propia	20
Tabla 3: estrategias de búsqueda PUBMED. elaboración propia.....	22
Tabla 4: estrategias de búsqueda EBSCO. elaboración propia.....	23
Tabla 5: flujograma. Elaboración propia.....	24
Tabla 6: Cálculo muestral. Nivel de significación y poder estadístico.....	29
Tabla 7: variables de estudio. Elaboración propia.....	32
Tabla 9: etapas del desarrollo. Elaboración propia	43
Tabla 8: test de dominancia. Elaboración propia.....	57

Índice de ilustraciones

Ilustración 1: fases de la carrera a alta velocidad. Disponible en: https://onlinelibrary.wiley.com/doi/abs/10.1111/sms.13437	12
Ilustración 2: protocolo FIFA 11+. Disponible en: https://futbolenpositivo.com/programa-de-calentamiento-11/	16
Ilustración 3: test 30 metros. Elaboración propia.....	18
Ilustración 4: instalaciones. Disponible en: https://www.google.es/maps/place/Polideportivo+municipal+de+Orcasitas/@40.3759551,-3.7176276,1009m/data=!3m1!1e3!4m6!3m5!1s0xd4227b08d161ad5:0x60d4d3d361a1f967!8m2!3d40.3756165!4d-3.7126506!16s%2Fg%2F11btm09xbj?entry=ttu	58

Tabla de abreviaturas

Tabla de abreviaturas	
AM	Aductor mayor
BF	Bíceps femoral
CEIC	Comité ético de investigación clínica
EMGS	Electromiografía de superficie
GMAX	Glúteo mayor
HSI	Rotura músculo isquiotibial
IT	Isquiotibiales
PHE	Test de extensión de cadera en decúbito prono
PI	Polea isoinercial
SENIAM	Surface electromyography for the non invasive assessment of muscles
ST	Semitendinoso

Tabla 1: abreviaturas. Elaboración propia

Resumen

Antecedentes: dentro de los deportes con carreras a máxima velocidad, y especialmente en el fútbol, encontramos una gran incidencia de lesiones sin contacto producidas por la rotura de la musculatura isquiotibial, la cual se sitúa en torno al 47% de todas las lesiones musculares, la cual sigue aumentando un 4% anual, específicamente el bíceps femoral es el músculo más afectado. Existen protocolos que buscan mitigar la alta incidencia de dicha lesión, aunque no se suele incluir ejercicio mediante polea isoinercial, la cual genera una gran sobrecarga excéntrica además de una sobrecarga concéntrica similar a la del ejercicio convencional contra resistencia en la musculatura trabajada, que, aunque aún no hay suficiente bibliografía para confirmar que reduce la incidencia, sí que la hay de que las mejoras musculares que lo producen podrían contribuir a ello.

Objetivo: Determinar si implementar un protocolo de ejercicio terapéutico con polea isoinercial es más efectivo que el tratamiento habitual en jugadores de fútbol hombres de entre 19 y 24 años para la mejora de la función muscular de la cadena posterior en carrera.

Hipótesis: Implementar un protocolo de ejercicio terapéutico con polea isoinercial mejora la función muscular de la cadena posterior en carrera, tanto en condiciones de con y sin fatiga respecto al tratamiento habitual en jugadores de fútbol hombres de entre 19 y 24 años.

Variables: dependientes reclutamiento muscular, medida mediante electromiografía de superficie en un test de 30 metros sin fatiga y posteriormente tras un protocolo de fatiga medido en condiciones de fatiga, sobre los músculos bíceps femoral, glúteo mayor, aductor mayor y semitendinoso, con los datos del bíceps femoral y semitendinoso obtendremos el ratio de ambos.

Metodología: el presente estudio es experimental, analítico y prospectivo, realizado sobre 256 sujetos divididos en dos grupos de forma aleatoria mediante uno de control y otro experimental.

Palabras clave: extensión excéntrica de cadera, electromiografía de superficie, mejora de la función, rotura músculo bíceps femoral.

Abstract

Background: Within sports involving high-speed running, especially in soccer, there is a high incidence of non-contact injuries caused by hamstring muscle tears, accounting for approximately 47% of all muscular injuries, with an annual increase of 4%. Specifically, the biceps femoris muscle is the most affected. While there are protocols aimed at reducing the high incidence of such injuries, exercise using an isoinertial pulley system is not commonly included. This type of exercise generates significant eccentric overload as well as concentric overload similar to conventional resistance exercises for the targeted muscles. Although there is not yet sufficient literature to confirm a reduction in the incidence of injuries, there is evidence that the muscular improvements resulting from such exercises could contribute to this goal.

Objective: To determine whether implementing a therapeutic exercise protocol with an isoinertial pulley system is more effective than standard treatment in male soccer players aged between 19 and 24 years for improving posterior chain muscle function during running.

Hypothesis: Implementing a therapeutic exercise protocol with an isoinertial pulley system improves posterior chain muscle function during running, both under fatigued and non-fatigued conditions, compared to standard treatment in male soccer players aged between 19 and 24 years.

Variables: Dependent variables include intensity measured through surface electromyography in a 30-meter test under non-fatigued conditions and subsequently after a fatigue protocol, focusing on the biceps femoris, gluteus maximus, adductor magnus, and semitendinosus muscles. The ratio between biceps femoris and semitendinosus will be calculated using their respective data.

Methodology: The present study is experimental, analytical, and prospective, conducted on 256 subjects randomly divided into two groups: one control and one experimental.

Keywords: Eccentric hip extension, surface electromyography, function improvement, hamstring muscle tear.

1. Antecedentes y estado actual del tema

Diversos estudios coinciden en una tasa de lesiones de isquiotibiales en deportistas de disciplinas en las que se realizan carreras a alta velocidad, como el atletismo, y especialmente en las que se realizan frenadas y grandes aceleraciones o cambios de dirección y ritmo, como fútbol americano, rugby o fútbol donde esta tasa se encuentra entre un 6% y 29%. De todos ellos nos vamos a centrar en el fútbol, en el que la tasa de lesiones por rotura de fibras musculares del isquiotibial (HSI) oscila entre el 12% y 16% de todos los futbolistas, y entre un 37% y un 47% de todas las lesiones musculares dentro de este deporte. Son valores preocupantes tanto para los jugadores implicados en la lesión, que deberán de estar apartados de los entrenamientos y la competición una media de 14 días, como para los clubes a los cuales también les supone una pérdida económica, ya que contaríamos con una media de entre 5 y 7 jugadores lesionados por equipo a causa de la lesión de HSI. Y aunque como mencionaba anteriormente se ha dedicado una gran cantidad de estudios y medios para la prevención y tratamiento de esta lesión, el porcentaje no deja de aumentar en los últimos 28 años, llegando a crecer hasta un 4% anual. Otro punto de gran importancia en esta lesión es la gran recurrencia que encontramos ya que estaría situada entre el 12% y 31%, aumentando hasta un 41% durante el primer año tras la lesión. Dentro de la musculatura isquiotibial el mayor afectado es el músculo bíceps femoral (BF) el cual tiene una representación del 45%. (1-4).

En cuanto al resto de aspectos importantes sobre dicha lesión se encuentra una gran dificultad para programar intervenciones o comparar con el resto de la evidencia, ya que existen una gran cantidad de estudios sobre el tema pero no unos protocolos estandarizados, por lo que existen una gran variedad de formas en la que los expertos miden un mismo aspecto, y posteriormente, se encuentran dificultades a la hora de comparar esos resultados por no ser a través del mismo tipo de medición, además de ser la mayoría de las mediciones en actividades que por fijar alguna articulación o por su posición, no reflejan una actividad realizada en carrera donde se produce la lesión que mencionamos.

Los factores que pueden predisponer a una HSI se podrían organizar de diversas maneras, en este caso se hará a través de factores modificables y factores no modificables, para tener en cuenta aquellos a los que deberemos prestar atención, aunque sabiendo que no podrán ser modificados por el estudio, pero sí pueden ser un agravante de los factores que pretendemos modificar y es necesario tenerlos en cuenta.

Como factores no modificables existen infinidad de ellos pero en los que mayor cantidad de evidencia coincide es en los siguientes, en el que se tendrá en cuenta una lesión previa en isquiotibiales (IT) y/o musculatura suprayacente o subyacente a estos, ya que esto provocaría una disminución del movimiento tisular junto con un aumento de la tensión producida en el músculo en su zona proximal de la unión miotendinosa, modificando y alterando la propia estructura, tratándose de una HSI o tratándose de un factor predisponente por la afectación de musculatura adyacente en comparación con un músculo no lesionado (1).

Otro factor no modificable a tener en cuenta es la edad, que aunque en la mayoría de estudios lo mencionan como un factor a tener en cuenta, estudios como el de João Breno Ribeiro-Alvares et al, en el que evalúan la prevalencia de factores de riesgo de lesión por HSI en jugadores de fútbol masculino sub 20, no encuentran diferencias significativas en cuanto al parámetro de la edad entre jugadores lesionados y no lesionados (4), esto también puede deberse a la edad seleccionada para el estudio, la cual podría afectar como sesgo. Existe bibliografía que se opone a este último artículo, confirmando que, sí aparecen diferencias significativas, además de que lo contrastan con evidencia previa posicionándose en que la edad es un factor que disminuye la capacidad del individuo a adaptarse a los niveles de carga impuestos por el deporte y los predispone a padecer patologías musculotendinosas, siendo de 1,4 veces mayor. El presente estudio se centra en las edades comprendidas entre los 19 y 24 años, ya que así nos podemos centrar en la categoría senior y que no existan sesgos producidos por realizar las mediciones con sujetos de diferentes categorías, además de que según la incidencia mencionada en la bibliografía, esta aumenta a partir de los 24 años (1,2).

Como factores modificables predisponentes a la lesión de HSI, se agrupará una parte de ellos en aspectos o factores biomecánicos y cinemáticos, que se podrá tener en cuenta de cara a mediciones dinámicas de los sujetos.

Biomecánica de los isquiotibiales: en la carrera a máxima velocidad a la que se enfrentan constantemente los jugadores de fútbol, le supone una gran exigencia a la musculatura IT con fuerzas bastante superiores a la del peso corporal, estas necesidades impuestas por la acción de la carrera a máxima velocidad pueden comprometer a los músculos IT hasta un límite superior del que son capaces de soportar fisiológicamente. Esta situación a la que se le somete a la musculatura IT aumenta a velocidades mayores. También es necesario tener en cuenta los microtraumatismos a los que se ve sometida la musculatura durante la carrera,

debido a que esta es una acción cíclica y de repetición. Por lo que con esto se puede observar que un pequeño cambio en la biomecánica articular o cualidades del músculo lo pueden predisponer a sufrir una rotura.

Parámetros cinemáticos: control lumbopélvico ya que la inserción proximal de la musculatura IT se sitúa en la tuberosidad isquiática, la ubicación de la pelvis y su dinámica durante las fases de la carrera es crucial para el buen funcionamiento de la musculatura y su susceptibilidad a sufrir la lesión. Entre estos factores que implican a la pelvis encontramos:

Flexión y rotación: respecto a este parámetro se encuentra que una flexión o rotación del tronco o cadera además de la inclinación lateral, aunque este no se ha llegado a incluir en estudios previos, puede llegar a comprometer las características de longitud y tensión de la musculatura IT.

Inclinación pélvica anterior: este parámetro se podría incluir con el anterior ya que una pelvis situada en anteversión mantendría al músculo IT en una mayor tensión debido al mayor estiramiento que sufre.

Extensión lumbar: en cuanto a este parámetro del cual se encuentra evidencia limitada, los estudios que han podido realizar se sitúan en que una mayor extensión lumbar o una mayor lordosis podría irritar las raíces nerviosas, generando esto un peor rendimiento de la actividad motora de la musculatura IT, predisponiéndolo a su rotura. Además, sobre este punto se aclara que, aunque no se han encontrado artículos que relacionen disfunción lumbar con las roturas de la musculatura IT, sí es cierto que una modificación de este segmento lumbar puede contribuir a la anteversión pélvica con los factores que esta tiene y hemos mencionado sobre la musculatura IT.

Extensión de la cadera durante la carrera: en cuanto a este parámetro, a través de evidencia observada en diversos artículos, aunque ninguno de ellos realizado específicamente sobre dicho parámetro, se podría tener en cuenta este parámetro como uno de predisposición de una rotura de la musculatura IT. Una mayor extensión genera también una mayor tensión en la musculatura IT debido a la anteversión de la pelvis generada por la musculatura flexora de cadera al verse impuesta a su estiramiento.

Ángulo máximo de flexión de cadera: del cual se encuentra escasa bibliografía, en estos artículos se informa de una mayor tensión en la musculatura posterior del muslo, lo que puede llegar a ser un factor agravante para una posible lesión. En cuanto a este parámetro biomecánico hay que mencionar que se encuentra en contraposición de lo que en cuanto a rendimiento se refiere, ya que una mayor flexión de cadera genera mayores velocidades. En cuanto a lo que lesión por rotura de los músculos IT se refiere, predispone en mayor manera a dichas estructuras (5).

Existe bastante controversia y falta de estudios que confirmen la fase exacta en la que se producen las lesiones por rotura del músculo IT, ya que tanto en las fases de apoyo, como en las de oscilación, existe activación de la musculatura extensora de forma concéntrica y excéntrica, aunque cierta cantidad de bibliografía apunta hacia la fase final del balanceo como la fase en la que esto puede ocurrir, debido al gran estiramiento que sufre en esta fase el músculo IT y la fuerte contracción que debe hacer de forma excéntrica junto con otros músculos de forma sinérgica, la cual en momentos de fatiga puede no darse (5).

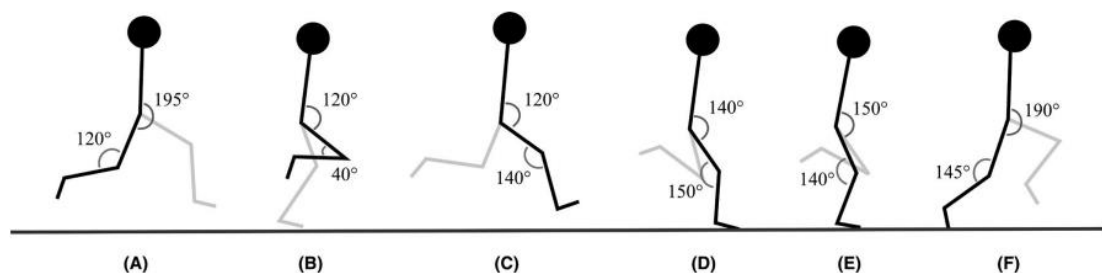


Ilustración 1: fases de la carrera a alta velocidad. Disponible en: <https://onlinelibrary.wiley.com/doi/abs/10.1111/sms.13437>

Como se demuestra a través del test de extensión de cadera en decúbito prono (PHE) empleado para la medición del control motor sobre el glúteo mayor (GMAX) en personas que padecen de dolor lumbar, este test mide la secuencia de activación del GMAX, IT y paravertebrales (6).

Aunque sea un test para personas con dolor lumbar, nos da la idea de que un mal funcionamiento en la secuencias de activación o actividad muscular entre estos músculos, dos de ellos medidos en el presente estudio, nos pueden dar información sobre posible susceptibilidad de una HSI en deportistas, además de desarrollar un protocolo de ejercicio terapéutico el cual tenga la posibilidad de emplearse no solo en el ámbito deportivo sino

también en pacientes con dolor lumbar por la implicación de los músculos IT y GMAX.

Como exponen Pascal Edouard et al, en un estudio en el que analizan las modificaciones de reclutamiento muscular en condiciones de fatiga inducida por un protocolo de Sprint. La musculatura IT tiene una función sinergista junto al GMAX en las fases de oscilación de la carrera a velocidades máximas, en condiciones de no fatiga los isquiotibiales son quienes asumen un mayor trabajo excéntrico, al contrario de lo que ocurre en situaciones de fatiga en las que el GMAX es quien asume un mayor trabajo durante la extensión excéntrica de cadera, lo que supone que sumado a que la extensión de la rodilla la cual es controlada de forma excéntrica por los músculos IT, ya que estos son los principales encargados de realizarla, si el músculo GMAX no es capaz de asumir esas exigencias a las que se le expone durante la carrera con fatiga, serían los IT quienes estarían expuestos a una mayor probabilidad de lesión, ya que en esas fases de oscilación también es donde se encuentra la cadera en flexión y la rodilla en extensión, provocando que los músculos IT tengan la mayor longitud y estiramiento, además de la tensión producida por dicha contracción de forma excéntrica (7).

Como indicador de posible HSI se está comenzando a implementar el ratio entre dos de los músculos que conforman el IT, estos son el BF y el semitendinoso (ST). Esto debido a que el BF es quien recibe la mayor carga de estiramiento durante la fase final del balanceo durante la carrera a máximas velocidades. El BF y el ST se comportan como musculatura sinergista durante toda la contracción activa del músculo IT durante el ciclo de la carrera, siendo protagonistas independientemente uno del otro en ciertas partes del ciclo, como lo es el BF durante la fase media de balanceo y el ST durante la fase final del balanceo, en la que hablamos anteriormente de ser posiblemente el momento de rotura de la musculatura IT. Por lo que se considera muy importante una buena sincronización y coordinación neuromuscular entre ambos músculos. Una activación neuromuscular con déficit de disociación intramuscular podría desencadenar en una activación compensatoria, obligando al músculo IT a contraerse de forma menos eficiente, por este motivo el desarrollo de la carrera en cualquier tipo de deporte si el individuo presenta esta alteración del patrón, en situación de carga elevada será susceptible de lesión de HSI. Además de esto el músculo se fatigaría antes, pudiendo provocar un mayor desajuste en el patrón y aumentando esa posibilidad de acabar cayendo lesionado (8-11).

Otro posible factor a tener en cuenta, ya que podría tener relación con las lesiones de HSI, es la activación del músculo aductor mayor (AM), ya que, por su anatomía, una de sus porciones realiza la función de extensión de cadera con un origen similar al del músculo semimembranoso y sus fibras orientadas en la dirección de las fibras del músculo IT y dispone

de un mayor brazo de palanca que los músculos de la cadera en su cabeza posterior. Además de esto, en estudios previos, si se ha confirmado su actividad a través de electromiografía de superficie (EMGS) durante la acción de extensión de cadera en diversos deportes y actividades.

En un estudio realizado por Han-I Ko PT et al, en el que midieron a través de EMGS la activación del AM, GMAX y BF en tres ejercicios de extensión de cadera en decúbito prono en los que modificaban la separación de la cadera, en dicho estudio confirmaron que en posición neutra de aducción y abducción de la cadera los músculos AM, GMAX y BF mantienen una actividad similar y en situación de aducción de cadera, es el AM quien toma el protagonismo teniendo una mayor activación, por lo que también será un punto a observar en el presente estudio (12).

También se menciona la probabilidad de ser un factor agravante en la posibilidad de generar rotura de la musculatura IT el realizar los entrenamientos y la competición en campos de césped natural en malas condiciones, siendo este un factor extrínseco al jugador y modificable, aunque suponga una mayor carga económica a los clubes (2).

Todos estos factores que pueden hacer susceptible al músculo IT de su rotura, se mencionan en cuanto a parámetros de carrera a velocidades máximas, que como se menciona anteriormente, consta de la repetición del gesto de flexo extensión de cadera todo ello mediado por la acción concéntrica y excéntrica de la musculatura extensora de cadera. Dichos parámetros también se encuentran en otras situaciones de juego dentro del fútbol como lo son los golpes, entre otros, con una fase de carga de la pierna con la que se realiza una extensión de cadera y una posterior fase de golpeo, en la que al final del gesto se debe frenar la pierna con una fuerte contracción excéntrica de la musculatura extensora de cadera y flexora de rodilla, por lo que hace a la musculatura IT más susceptible a la lesión en este deporte.

Puesto que se quiere evaluar la activación de la musculatura que participa en la carrera, el protocolo de elección no es específico sobre estos, sino general, con el que poder obtener las modificaciones de activación muscular antes y después de la fatiga. El protocolo seleccionado es el empleado en el artículo de Pinniger et al, el cual consiste en realizar 10 arrancadas de 40 metros a máxima velocidad con un periodo de recuperación entre repeticiones de 30 segundos, los sprint serán acompañados de indicaciones verbales realizadas por el equipo para ayudar al participante a realizar la prueba a máxima velocidad (13).

No se cuenta con test validados para este tipo de pruebas de inducción de la fatiga, por lo cual el de elección ha sido seleccionado por los resultados dados en el estudio de referencia, en el cual se observa una disminución significativa en la capacidad de realizar las distintas repeticiones del protocolo de fatiga y el par máximo de la musculatura implicada.

A la hora de hablar de protocolos que busquen disminuir las lesiones provocadas por HSI, podríamos encontrar infinidad de ellos. En dicho apartado se decide mencionar el protocolo que en la actualidad está en mayor uso, el cual es del que se hablará a continuación:

Como se menciona anteriormente y en infinidad de bibliografía debido a la alta incidencia de las lesiones por HSI, se han implementado protocolos de todo tipo para intentar reducirla, aunque esto no es suficiente ya que la incidencia sigue aumentando. Uno de los protocolos más empleados en la actualidad para dicha lesión es el FIFA 11+, el cual está principalmente enfocado en lesiones del muslo y rodilla, aunque al ser un protocolo general, también intenta reducir todas aquellas lesiones provocadas por el deporte, en este caso el fútbol, aunque lo hace en menor medida. El protocolo del que se habla está enfocado en la prevención en deportistas jóvenes, aunque también se implementa en deportistas de todas las edades. Dicho protocolo está compuesto por tres bloques de ejercicios: entrenamiento del core, equilibrio y control neuromuscular y agilidad y pliometría, con esto se quiere intentar hacer énfasis en aspectos con los que cuenta el deporte, aunque no son tan visibles. A su vez estos bloques se dividen en ejercicios de carrera, propiocepción y fuerza y carreras a alta velocidad, representado en una ilustración a continuación. Si bien es cierto que con esto se pretende buscar un protocolo económico y accesible para todas las categorías y divisiones del deporte, y tras su evaluación en diversa bibliografía se observan disminuciones de entre un 30% y 70% del riesgo del conjunto de todas las lesiones dentro del fútbol, sigue siendo insuficiente para el ámbito de las lesiones por HSI ya que estas no han dejado de aumentar (14-16).

Por lo mencionado en dicho artículo, encontramos una falta de sobrecarga excéntrica en todos los ejercicios del protocolo FIFA 11+ ya que como se menciona en el presente estudio y sin ampliar mucho ya que es de lo que se habla durante todo el desarrollo, es este trabajo excéntrico el que nos podría ayudar a disminuir la lesión por HSI por todos los factores y puntos que se desarrollan, y por eso propondremos otro protocolo para intentar solventar dicha lesión.

1ª PARTE EJERCICIOS DE CARRERA · 8 MINUTOS



1 CORRER EN LÍNEA RECTA

En esta carrera se emplean de 5 a 10 pares de conos dispuestos en forma paralela, con una separación aproximada de 5-6 m entre ellos. Dos jugadores empiezan al mismo tiempo en el primer par de conos. Trotaan juntos hasta el último par de conos. De regreso, pueden incrementar su velocidad progresivamente según su nivel de calentamiento. 2 series.



4 CORRER CIRCULOS

Correr hacia delante en pareja hasta el primer par de conos. Desplazarse de lado 90° hacia dentro y encontrarse en el medio. Hacer un círculo completo alrededor del uno del otro y regresar a los conos. Repetir en cada par de conos. Mantenerse en puntillas y con el centro de gravedad bajo flexionando las rodillas y las caderas. 2 series.



2 CORRER CADERA HACIA AFUERA

Caminar o trotar ligeramente, detenerse a cada par de conos para levantar la rodilla y girarla hacia afuera. Alternar la pierna izquierda con la derecha en los siguientes conos. 2 series.



5 CORRER CONTACTO CON EL HOMBRO

Correr hacia delante en pareja hasta el primer par de conos. Desplazarse de lado 90° hacia dentro y encontrarse en el medio. Saltar de lado hacia la otra persona y tocar el hombro con el hombro. Nueva. Correr sobre ambos pies con las rodillas y las caderas flexionadas. No doblar las rodillas hacia dentro. Realizar un salto completo y sincronizar con su compañero el momento del salto y aterrizaje. 2 series.



3 CORRER CADERA HACIA DENTRO

Caminar o trotar ligeramente, detenerse a cada par de conos para levantar la rodilla y girarla hacia dentro. Alternar la pierna izquierda con la derecha en los siguientes conos. 2 series.



6 CORRER HACIA DELANTE Y HACIA ATRÁS

En pareja, correr rápidamente hacia el segundo par de conos y luego correr hacia atrás hasta el primer par de conos manteniendo las rodillas y las caderas ligeramente flexionadas. Repetir el ejercicio, corriendo dos pares de conos hacia delante y regresando un par de conos hacia atrás. Hacer pasos cortos y rápidos. 2 series.

2ª PARTE FUERZA · PLIOMETRÍA · EQUILIBRIO · 10 MINUTOS

LEVEL 1



7 APOYO EN ANTEBRAZO ESTÁTICO

Posición Inicial: Deitar-se en decúbito ventral, apoyando-se nos antebrazos e nos pés. Os cotovelos devem estar diretamente abaixo dos ombros. Ejercicio: Levantar el cuerpo, apoyando en los antebrazos, contrar el estómago, y mantener la posición 20-30 segundos. El cuerpo debe formar una línea recta. No balancear ni arquear la espalda. 3 series.



8 APOYO EN ANTEBRAZO LATERAL ESTÁTICO

Posición Inicial: Turnarse de lado con la rodilla flexionada de la pierna apoyada al suelo. Levantar la parte superior del cuerpo y apoyarse en el antebrazo y la rodilla. El codo del brazo de soporte debe estar directamente debajo del hombro. Ejercicio: Levantar la pierna más elevada y la cadera hasta que el hombro, la cadera y la rodilla formen una línea recta. Mantener esta posición durante 20-30 segundos. Después de una breve pausa, cambiar de lado y repetir. 3 series.



9 ISQUIOTIBIALES PRINCIPIANTE

Posición Inicial: Anclarse sobre una superficie suave. Pedir a un compañero que sostenga firmemente sus tobillos. Ejercicio: El cuerpo debe mantenerse en línea recta del hombro a la rodilla durante todo el ejercicio. Inclinar la cadera hacia delante tanto como sea posible, usando los músculos isquiotibiales y los glúteos. Cuando no se pueda aguantar más esta postura, descanse lentamente el peso del cuerpo sobre las manos, terminando en una posición de flexión de brazos. Completar un mínimo de 3-5 repeticiones y 30 segundos. 1 serie.



10 EQUILIBRIO EN UNA SOLA PIERNA SOSTENIENDO EL BALÓN

Posición Inicial: Permanecer de pie sobre una sola pierna. Ejercicio: Sostenerse sobre una sola pierna mientras se mantiene un balón con ambas manos. Conocer el peso del cuerpo en la parte anterior del pie. No doblar la rodilla hacia dentro. Mantener la posición 30 segundos. Cambiar de pierna y repetir. Una variación más difícil del ejercicio es pasar el balón alrededor de la cintura y/o por debajo de su otra pierna. 2 series.



11 GENUFLEXIONES HASTA LA PUNTA DE LOS PIES

Posición Inicial: Separar las piernas según el ancho de la cadera y, si lo desea, poner las manos a la altura de los ojos. Ejercicio: Imaginar que está a punto de sentarse en una silla. Realizar las genuflexiones doblando las caderas y las rodillas en un ángulo de 90°. No flexionar las rodillas hacia dentro. Bajar lentamente y subir más rápidamente. Cuando las rodillas estén completamente estiradas, elevarse sobre las puntas de los pies y bajar de nuevo lentamente. Repetir el ejercicio durante 30 segundos. 2 series.



12 SALTOS VERTICALES

Posición Inicial: Separar las piernas según el ancho de la cadera y, si lo desea, poner las manos a la altura de los ojos. Ejercicio: Imaginar que está a punto de sentarse en una silla. Realizar las genuflexiones hasta que las rodillas estén dobladas en un ángulo de 90°, mantener por 2 segundos. No doblar las rodillas hacia dentro. De la posición de genuflexión, saltar lo más alto que se pueda. Aumentar suavemente la altura anterior del pie con las caderas y las rodillas dobladas. Repetir durante 30 segundos. 2 series.



LEVEL 2

7 APOYO EN ANTEBRAZO ALTERNANDO PIERNAS

Posición Inicial: Boca abajo, apoyarse en los antebrazos y ambos pies. Los codos deben estar directamente debajo de los hombros. Ejercicio: Levantar el cuerpo y contrar el estómago. Levantar alternativamente cada pierna y repetir, sosteniendo cada pierna en el aire por 2 segundos. Continuar durante 40-50 segundos. El cuerpo debe formar una línea recta. No balancear ni arquear la espalda. 3 series.



8 APOYO EN ANTEBRAZO LATERAL LEVANTAR Y BAJAR LA CADERA

Posición Inicial: Turnarse de lado con ambas piernas estiradas. Sostener todo el cuerpo con el antebrazo y la parte lateral del pie formando una línea recta desde el hombro hasta el pie. El codo del brazo de soporte debe estar directamente debajo del hombro. Ejercicio: Bajar la cadera hacia el suelo y levantarla nuevamente. Repetir durante 20-30 segundos. Después de una breve pausa, cambiar de lado y repetir. 3 series.



9 ISQUIOTIBIALES INTERMEDIO

Posición Inicial: Anclarse sobre una superficie suave. Pedir a un compañero que sostenga firmemente sus tobillos. Ejercicio: El cuerpo debe mantenerse en línea recta del hombro a la rodilla durante todo el ejercicio. Inclinar la cadera hacia delante tanto como sea posible, usando los músculos isquiotibiales y los glúteos. Cuando no se pueda aguantar más esta postura, descanse lentamente el peso del cuerpo sobre las manos, terminando en una posición de flexión de brazos. Completar un mínimo de 7-10 repeticiones y 30 segundos. 1 serie.



10 EQUILIBRIO EN UNA SOLA PIERNA LANZANDO EL BALÓN

Posición Inicial: Posicionarse a 2 o 3 m de su compañero, ambos agachados sobre una sola pierna. Ejercicio: Manteniendo el equilibrio y contrar el estómago, lanzar el balón uno al otro. Conocer el peso en la parte anterior del pie. Solo flexionar ligeramente la rodilla y no doblarla hacia dentro. Realizar el ejercicio durante 30 segundos. Cambiar de lado y repetir. 2 series.



11 GENUFLEXIONES ZANCADAS

Posición Inicial: Separar las piernas según el ancho de la cadera y, si lo desea, poner las manos a la altura de los ojos. Ejercicio: Caminar hacia delante sentándose acompañadamente. Mantener la cadera, las rodillas y la cadera rectas y las rodillas ligeramente y evitar que la parte superior del cuerpo y la cadera. Realizar el ejercicio a lo largo de la cancha (10 veces con cada pierna) y regresar trotando. 2 series.



12 SALTOS LATERALES

Posición Inicial: Apoyarse en una sola pierna con la parte superior del cuerpo ligeramente inclinada hacia delante, y con las rodillas y las caderas flexionadas ligeramente. Ejercicio: Saltar aproximadamente 1 m de lado de una pierna a la otra. Aumentar suavemente en la parte anterior del pie. Doblar las caderas y las rodillas ligeramente y evitar que las rodillas se inclinen hacia dentro. Mantener el equilibrio con cada salto. Repetir el ejercicio durante 30 segundos. 2 series.



LEVEL 3

7 APOYO EN ANTEBRAZO LEVANTAR UNA PIERNA

Posición Inicial: Boca abajo, apoyarse en los antebrazos y ambos pies. Los codos deben estar directamente debajo de los hombros. Ejercicio: Levantar el cuerpo, contrar el estómago, levantar una pierna unos 10-15 cm del suelo y mantener la posición durante 20-30 segundos. El cuerpo debe formar una línea recta. No mover la cadera del otro lado ni balancear o arquear la parte inferior de la espalda. Después de una breve pausa, cambiar de pierna y repetir. 3 series.



8 APOYO EN ANTEBRAZO LATERAL LEVANTAR UNA PIERNA

Posición Inicial: Turnarse de lado con ambas piernas estiradas. Sostener todo el cuerpo con el antebrazo y la parte lateral del pie formando una línea recta desde el hombro hasta el pie. El codo del brazo de soporte debe estar directamente debajo del hombro. Ejercicio: Levantar la pierna más elevada y bajarla lentamente. Repetir durante 20-30 segundos. Después de una breve pausa, cambiar de lado y repetir. 3 series.



9 ISQUIOTIBIALES AVANZADO

Posición Inicial: Anclarse sobre una superficie suave. Pedir a un compañero que sostenga firmemente sus tobillos. Ejercicio: El cuerpo debe mantenerse en línea recta del hombro a la rodilla durante todo el ejercicio. Inclinar la cadera hacia delante tanto como sea posible, usando los músculos isquiotibiales y los glúteos. Cuando no se pueda aguantar más esta postura, descanse lentamente el peso del cuerpo sobre las manos, terminando en una posición de flexión de brazos. Completar un mínimo de 10-15 repeticiones y 30 segundos. 1 serie.



10 EQUILIBRIO EN UNA SOLA PIERNA DESEQUILIBRAR AL COMPAÑERO

Posición Inicial: Erguido sobre una sola pierna, la opuesta a la de su compañero, y a un brazo de distancia. Ejercicio: Mientras ambos intentan mantener el equilibrio, uno de los dos empuja al otro en varias direcciones intentando que pierda el equilibrio. Conocer el peso en la parte anterior del pie y evitar doblar las rodillas hacia dentro. Continuar durante 30 segundos y luego cambiar de pierna. 2 series.



11 GENUFLEXIONES EN UNA PIERNA

Posición Inicial: Apoyarse en una sola pierna, sosteniéndose ligeramente sobre su compañero. Ejercicio: Lentamente flexionar la rodilla al máximo. Evitar que la rodilla se doble hacia dentro. Realizar la rodilla lentamente y lentamente un poco más rápido, manteniendo rectos la cadera y la parte superior del cuerpo. Repetir el ejercicio 10 veces con cada pierna. 2 series.



12 SALTOS ALTERNADOS

Posición Inicial: Separar las piernas según el ancho de la cadera, imaginar que se está de pie sobre el medio de una cruz en el suelo. Ejercicio: Alternar entre el salto hacia delante y hacia atrás, de lado a lado, y diagonalmente en la cruz. Saltar lo más rápido y energéticamente que sea posible. Las rodillas y las caderas deben estar ligeramente flexionadas. Aumentar suavemente en la parte anterior del pie. No doblar las rodillas hacia dentro. Repetir el ejercicio durante 30 segundos. 2 series.

3ª PARTE EJERCICIOS DE CARRERA · 2 MINUTOS



13 CORRER EN TODO EL TERRENO

Correr a través de la cancha, de un lado al otro, a un ritmo máximo de 75-80%. 2 series.



14 CORRER SALTOS ALTOS

Correr a zancadas y levantando alto las rodillas, alternando suavemente en la parte anterior de los pies. Acompañar cada salto con un balanceo exagerado de brazos (brazo opuesto a la pierna). No dejar que la pierna delantera supere la línea media del cuerpo ni que las rodillas se doblen hacia dentro. Repetir el ejercicio hasta llegar al otro lado del terreno y regresar trotando. 2 series.



15 CORRER CAMBIO DE DIRECCIÓN

Trotar 4-5 pasos, y luego apoyarse en la pierna exterior y cambiar de dirección. Avanzar y correr lo más rápido que se pueda 5-7 pasos (a un ritmo del 80-90% del máximo), luego desacelerar y empujar nuevamente el ejercicio. No doblar las rodillas hacia dentro. Repetir el ejercicio hasta llegar al otro lado y trotar de regreso. 2 series.

Ilustración 2: protocolo FIFA 11+. Disponible en: <https://futbolenpositivo.com/programa-de-calentamiento-11/>

Puesto que el mayor número de lesiones por HSI se observan en las fases finales de balanceo y estas son de trabajo excéntrico de la musculatura extensora, un protocolo de ejercicio terapéutico centrado en este aspecto, aunque sin descuidar el resto del ciclo de la marcha en el que trabaja la musculatura de forma concéntrica, podría tener grandes ventajas en la reducción de dicha lesión. Una forma de hacer los ejercicios de esta manera es a través de poleas isoinerciales (PI). Este entrenamiento se realiza con una polea unida a un volante que

necesita de una aceleración provocada durante la fase concéntrica, esto genera una inercia que deberá ser resistida en la fase excéntrica del ejercicio, que este siendo de forma adecuada y controlando las cargas, se puede conseguir una sobrecarga excéntrica en el sujeto de estudio además de una sobrecarga concéntrica similar a la obtenida en un ejercicio contra gravedad. El dispositivo permite una gran diversidad de ejercicios y modificaciones para trabajar de forma progresiva y pudiendo abarcar toda la musculatura de elección. A pesar de no existir suficiente bibliografía sobre su efecto en la reducción de lesiones deportivas sin contacto, si existe en cuanto a la mejora de la fuerza concéntrica y excéntrica, por lo que puede ser de gran utilidad (17).

Se ha demostrado que los ejercicios en PI generan una notable mejora en las adaptaciones musculares respecto a los ejercicios realizados contra gravedad, con mayores mejorías en la fuerza tanto excéntrica como concéntrica, además de unas mejoras mayores en hipertrofia y potencia muscular. Como mencionan Thomas E. Bright et al, en una revisión sistemática en la que se observan los efectos del entrenamiento excéntrico en atletas jóvenes respecto a su mejora en el rendimiento, esta mejora de la fuerza excéntrica a través de las PI pueden ir desde un 10% en movimientos en los que participen grupos musculares grandes y sean multiarticulares, hasta entre un 30% y un 80% en movimientos musculares aislados en los que participe una sola articulación (18).

En la bibliografía existente se ha demostrado específicamente que la realización de ejercicios en IT con este dispositivo, optimizan el tiempo de activación excéntrica, mejora la absorción y almacenamiento de energía para su empleo en la fase de despegue, lo que provoca cambios funcionales importantes en la musculatura IT, tanto en la aceleración como la desaceleración durante la carrera, marcha, sprint o tareas con cambios de dirección, además de grandes mejoras en el rendimiento muscular, funcional, arquitectura muscular, lo que puede traducirse en una disminución de lesiones provocadas por la rotura de los músculos IT.

En un principio podía resultar difícil la medición y progresión en los ejercicios realizados con PI ya que la carga excéntrica varía en función de varios factores, alguno de ellos como la velocidad de ejecución de la fase concéntrica del ejercicio, lo que se traduce en una cantidad mayor o menor de resistencia excéntrica en la segunda fase del ejercicio. La medición de carga se puede realizar a través de un encoder previamente instalado en el cono, permitiendo medir la velocidad y con esta la potencia generada a tiempo real, por lo que el sujeto podrá realizar el ejercicio con la carga que se le solicite.

La sobrecarga se realizará modificando la altura de la última polea, velocidad de ejecución del ejercicio y la masa del disco de inercia (19,20).

En las mediciones del presente estudio se pretende comprobar a través de EMGS las distintas activaciones de músculos implicados en el gesto de extensión activa de cadera.

La ubicación de los electrodos de superficie para las mediciones y obtención de datos de EMGS se realizará a través del protocolo SENIAM (Surface EMG for a non-invasive assessment of muscles). Este protocolo fue creado con el objetivo de tener una unificación entre los distintos grupos europeos de investigación, disponer de un plan de recomendaciones sobre los equipos de EMGS, ubicación de los sensores y procesamiento de la señal obtenida (21).

Ya que en el presente estudio se pretende observar la activación muscular a máxima velocidad y los tiempos obtenidos en las posibles pruebas empleadas no son significativos para este, se emplea el test de 30 metros debido a que con él se consigue alcanzar la velocidad máxima, generando la menor fatiga posible lo que nos permite observar la activación (22).

Se ubican dos fotocélulas a 10 y 40 metros respectivamente, indicadas con marcas de salida y final. La indicación dada a los participantes del estudio es que deberán correr a máxima velocidad entre ambas marcas. Se repetirá la prueba tres veces por participante con un intervalo de tres minutos entre mediciones, simulando lo más posible un sprint a máxima velocidad (23).

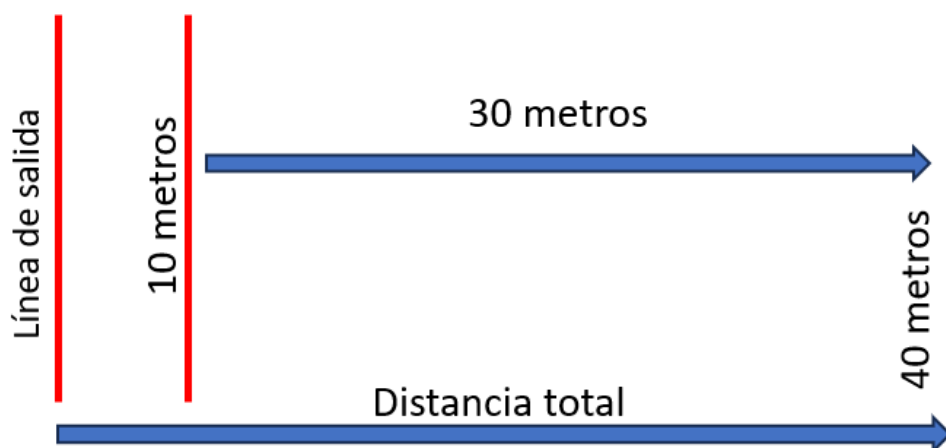


Ilustración 3: test 30 metros. Elaboración propia

De manera aclaratoria ya que aparece previamente, volveremos a mencionar los aspectos del protocolo de fatiga ya que será la actividad que siga al test de 30 metros, empleado en el presente artículo. Es necesario establecer un protocolo a seguir por parte de todos los participantes para obtener el punto de fatiga que se desea para las mediciones de activación

muscular. Puesto que se quiere evaluar la activación de la musculatura que participa en la carrera, el protocolo de elección no es específico sobre estos, sino general con el que poder obtener las modificaciones de activación muscular antes y después de la fatiga. El protocolo seleccionado es el empleado en el artículo de Pinniger et al, el cual consiste en realizar 10 arrancadas de 40 metros a máxima velocidad con un periodo de recuperación entre repeticiones de 30 segundos, los sprint serán acompañados de indicaciones verbales realizadas por el equipo para ayudar al participante a realizar la prueba a máxima velocidad (13).

No contamos con test validados para este tipo de pruebas de inducción de la fatiga, por lo cual el de elección ha sido seleccionado por los resultados dados en el estudio de referencia, en el cual se observa una disminución significativa en la capacidad de realizar las distintas repeticiones del protocolo de fatiga y el torque máximo de la musculatura implicada.

En el presente artículo se pretende demostrar la hipótesis formulada posteriormente, la cual es que en la actualidad los deportistas son susceptibles a una lesión por HSI debido a un déficit de activación en los músculos GMAX, AM y ST que realiza la extensión concéntrica y excéntrica de cadera durante la carrera junto al músculo BF, además de que, siguiendo la bibliografía mencionada con anterioridad, el ratio entre el músculo BF y el músculo ST podría darnos información de dicha susceptibilidad a la lesión por HSI. Esto lo que provoca es una mayor solicitación del BF durante las altas demandas de la carrera a máxima velocidad, que sumado a que dicho músculo en las fases finales de la carrera donde se encuentra sometido a altas demandas, también lo encontramos en su posición de mayor longitud, provocando posiblemente que este sea un factor importante referente a su rotura. La propuesta que se quiere observar en el presente artículo es que tras trabajar el conjunto de músculos mencionados con poleas isoinerciales mediante ejercicios lo más similares a la función que queremos proteger, es decir, la de la carrera a máxima velocidad, a través de un protocolo de ejercicio terapéutico las cuales generan una gran carga excéntrica en el deportista, con esto se podría lograr una mayor activación del GMAX, AM y ST y con ello una menor activación del BF pudiendo ayudar a disminuir o evitar las roturas por HSI provocadas por dicho factor.

2. Evaluación de la evidencia

2.1. Palabras clave

Palabra clave	MeSH	DeCs	Término libre
Extensión de cadera			HIP extensión
Electromiografía de superficie	Electromyography	Electromyography	Electromyography
Glúteo mayor			Gluteus maximus
Aductor mayor			Adductor major
Músculos isquiotibiales	Hamstring Muscles	Hamstring Muscles	Hamstring muscles
Semitendinoso			Semitendinosus
Bíceps femoral			Bíceps femoris
Rotura de musculatura isquiotibial			Hamstring muscle injuries
Rotura de musculatura isquiotibial			Hamstring muscle tears
Rotura de musculatura isquiotibial			Hamstring muscle strain
Jugador de fútbol			Soccer player
Deporte			Sport
Deportista			Athlets
Entrenamiento isoinercial			Isoinertial training
Polea isoinercial			Flywheel
Ratio			
Menisco			Meniscal
Ligamento			Ligament

Tabla 2: palabras clave. Elaboración propia

2.2 Estrategias de búsqueda

En las búsquedas bibliográficas del presente artículo de investigación han sido utilizadas las bases de datos PUBMED (MEDLINE) y EBSCO, en la que se hicieron las búsquedas a través de E-journal, Academic serch complete, CINHALL complete y Medline complete, para realizar la búsqueda de antecedentes y comprobar el estado actual del tema de estudio, también fueron empleados artículos aportados por profesionales del ámbito de la fisioterapia.

PUBMED

Dentro de esta base de datos se han empleado los términos libres y en algún caso términos Mesh. La baja cantidad de estos últimos términos es debida a la inexistencia de dichos términos. Todos los términos aparecen reflejados en la tabla del apartado anterior. Las búsquedas han sido realizadas con los booleanos AND y OR para realizar búsquedas más específicas. Tras realizar las búsquedas se han aplicado los filtros: últimos 5 años, últimos 10 años, ensayo clínico. Hay que aclarar que estos últimos filtros no han sido incluidos en todas las búsquedas debido a la ausencia de material de investigación en el ámbito, teniendo que utilizar evidencia más antigua.

Búsqueda	Artículos encontrados	Artículos empleados
(hip extension) AND (electromyography)	297	2
((hip extension) AND (electromyography)) AND (gluteus maximus) AND (hamstring muscles)	31	1
((hamstring muscle strain) OR (hamstring muscle tears)) OR (hamstring muscle injuries) AND (soccer player)	40	2
(((((hamstring muscle strain) OR (hamstring muscle tears)) OR (hamstring muscle injuries)) AND (soccer	0	0

player)) OR (athlets)) OR (sport)) NOT (ligament)) NOT (meniscal)		
((flywheel) OR (isoinertial training)) AND (hip extension)	14	1
((ratio) AND (biceps femoris)) AND (semitendinosus)	428	4

Tabla 3: estrategias de búsqueda PUBMED. elaboración propia

EBSCO

En esta base de datos se hicieron las búsquedas a través de E-journal, Academic serch complete, CINHALL complete y Medline complete. Las búsquedas se han realizado al igual que en la base de datos mencionada anteriormente mediante términos libres y términos DeCs, los cuales han sido muy reducidos debido a que no existen. Las búsquedas han sido realizadas también utilizando los booleanos AND y OR para realizar búsquedas más específicas. Tras realizar las búsquedas se han aplicado los filtros: últimos 5 años, últimos 10 años, ensayo clínico. Hay que aclarar que estos últimos filtros no han sido incluidos en todas las búsquedas debido a la ausencia de material de investigación en el ámbito, teniendo que utilizar evidencia más antigua. EBSCO tras realizar la búsqueda dentro de las bases de datos empleadas, elimina los artículos repetidos entre ellas por lo que se reduce la cantidad de artículos, además de que al haber sido empleada esta base de datos tras realizar las búsquedas en PUBMED el número de artículos obtenidos es mucho menor, debido a que aparecen repetidos en la mayoría de los casos.

Búsqueda	Artículos encontrados	Artículos empleados
(hip extension) AND (electromyography)	365	1
((hip extension) AND (electromyography)) AND (gluteus maximus) AND (hamstring muscles)	31	0
((hamstring muscle strain) OR (hamstring muscle tears)) OR	219	1

(hamstring muscle injuries)) AND (soccer player)		
(((((hamstring muscle strain) OR (hamstring muscle tears)) OR (hamstring muscle injuries)) AND (soccer player)) OR (athlets)) OR (sport)) NOT (ligament)) NOT (meniscal)	0	0
((flywheel) OR (isoinertial training)) AND (hip extension)	11	2
((ratio) AND (biceps femoris)) AND (semitendinosus)	584	0

Tabla 4: estrategias de búsqueda EBSCO. elaboración propia

2.3 Flujograma

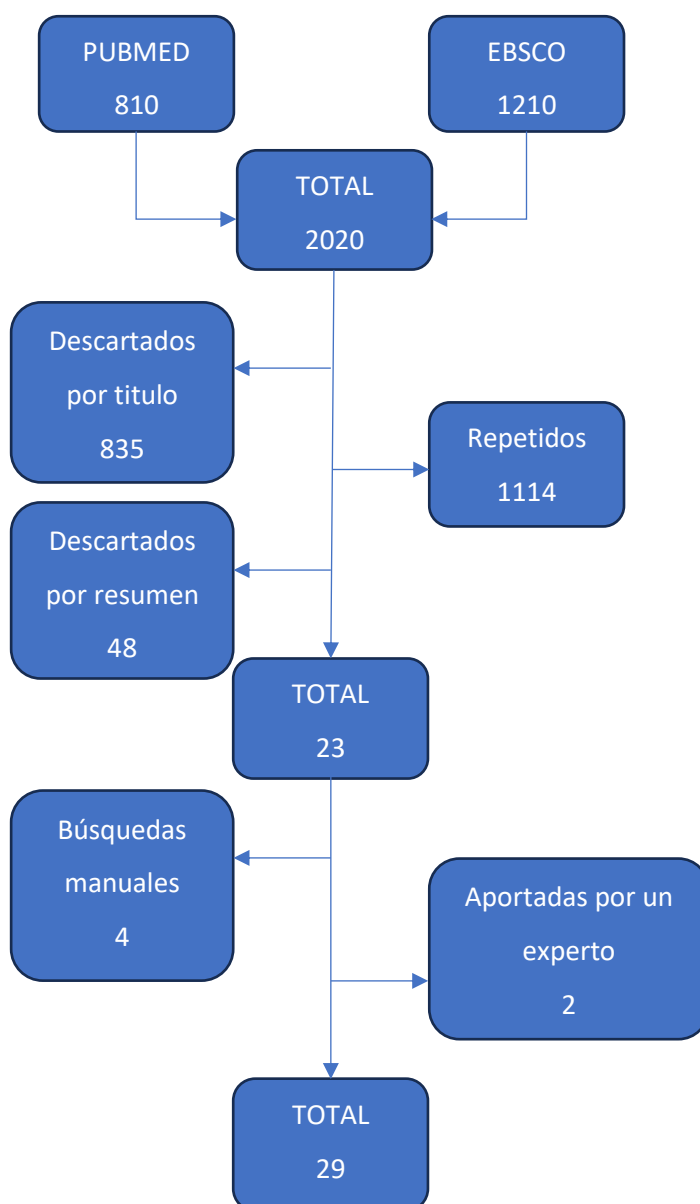


Tabla 5: flujograma. Elaboración propia

3. Objetivos

General:

Determinar si implementar un protocolo de ejercicio terapéutico con polea isoinercial es más efectivo que el tratamiento habitual en jugadores de fútbol hombres de entre 19 y 24 años para la mejora de la función muscular de la cadena posterior en carrera.

Específicos:

Determinar si implementar un protocolo de ejercicio terapéutico con polea isoinercial es más efectivo que el tratamiento habitual en la mejora de la activación del músculo bíceps femoral sin fatiga, medido con electromiografía en jugadores de fútbol hombres de entre 19 y 24 años.

Determinar si implementar un protocolo de ejercicio terapéutico con polea isoinercial es más efectivo que el tratamiento habitual en la mejora de la activación del músculo semitendinoso sin fatiga, medido con electromiografía en jugadores de fútbol hombres de entre 19 y 24 años.

Determinar si implementar un protocolo de ejercicio terapéutico con polea isoinercial es más efectivo que el tratamiento habitual en la mejora de la activación del músculo glúteo mayor sin fatiga, medido con electromiografía en jugadores de fútbol hombres de entre 19 y 24 años.

Determinar si implementar un protocolo de ejercicio terapéutico con polea isoinercial es más efectivo que el tratamiento habitual en la mejora de la activación del músculo aductor mayor sin fatiga, medido con electromiografía en jugadores de fútbol hombres de entre 19 y 24 años.

Determinar si implementar un protocolo de ejercicio terapéutico con polea isoinercial es más efectivo que el tratamiento habitual en la mejora del ratio entre el músculo bíceps femoral y el músculo semitendinoso sin fatiga, medido con electromiografía en jugadores de fútbol hombres de entre 19 y 24 años.

Determinar si implementar un protocolo de ejercicio terapéutico con polea isoinercial es más efectivo que el tratamiento habitual en la mejora de la activación del músculo bíceps femoral en situación de fatiga, medido con electromiografía en jugadores de fútbol hombres de entre 19 y 24 años.

Determinar si implementar un protocolo de ejercicio terapéutico con polea isoinercial es más efectivo que el tratamiento habitual en la mejora de la activación del músculo semitendinoso en situación de fatiga, medido con electromiografía en jugadores de fútbol hombres de entre 19 y 24 años.

Determinar si implementar un protocolo de ejercicio terapéutico con polea isoinercial es más efectivo que el tratamiento habitual en la mejora de la activación del músculo glúteo mayor en situación de fatiga, medido con electromiografía en jugadores de fútbol hombres de entre 19 y 24 años.

Determinar si implementar un protocolo de ejercicio terapéutico con polea isoinercial es más efectivo que el tratamiento habitual en la mejora de la activación del músculo aductor mayor en situación de fatiga, medido con electromiografía en jugadores de fútbol hombres de entre 19 y 24 años.

Determinar si implementar un protocolo de ejercicio terapéutico con polea isoinercial es más efectivo que el tratamiento habitual en la mejora el ratio entre el músculo bíceps femoral y el músculo semitendinoso en situación de fatiga, medido con electromiografía en jugadores de fútbol hombres de entre 19 y 24 años.

4. Hipótesis

Implementar un protocolo de ejercicio terapéutico con polea isoinercial mejora la función muscular de la cadena posterior en carrera, tanto en condiciones de con y sin fatiga respecto al tratamiento habitual en jugadores de fútbol hombres de entre 19 y 24 años.

5 Metodología

5.1 Diseño

El estudio tiene un diseño analítico, ya que esperamos encontrar una relación entre causa y efecto. Experimental, debido a que el fin del estudio es comparar un grupo experimental al que se le realice la intervención frente a un grupo de control que no recibirá la intervención. Prospectivo, ya que los datos se recogerán posterior a la intervención y estos serán recogidos en dos momentos, pre tratamiento y post tratamiento, permitiéndonos esto analizar la causa efecto respecto a las variables estudiadas.

El primer grupo realizará el entrenamiento habitual dentro de su club deportivo y al segundo grupo, dentro de su entrenamiento habitual, se le añadirá ejercicio terapéutico a través de polea isoinercial. Este dispositivo lo aportará cada club y se revisará para confirmar que sigue las medidas necesarias para el estudio. A ambos grupos se les hará la medición de electromiografía de superficie con el dispositivo mDurance Pro tanto en condición de no fatiga como en condición de fatiga.

Los grupos de estudio se estructurarán de forma aleatoria para evitar sesgos, su asignación será mediante un muestreo aleatorio simple través de la aplicación Microsoft Excel que asignará un número a cada participante de forma aleatoria. Tras la asignación de números, los sujetos con un número impar serán incluidos en el grupo 1 de intervención y los sujetos con un número par asignado, serán incluidos en el grupo 2 de control.

El presente estudio se estructurará como evaluador ciego, esto consiste en que la persona encargada de medir las variables de estudio será el único profesional cegado, ya que no será posible cegar a los sujetos que serán conscientes de la realización o no de un protocolo de ejercicio extra a su entrenamiento habitual con polea isoinercial, por otro lado, los fisioterapeutas encargados de la correcta realización de los ejercicios por parte de los participantes, tampoco podrán ser cegados puesto que sabrán en todo momento lo que están realizando con el sujeto.

Para la realización del estudio se tendrá en cuenta la declaración de Helsinki, por la que en todo momento serán respetados los principios éticos declarados para las investigaciones médicas en seres humanos.

Deberemos contar con la aprobación del comité ético de investigación clínica (CEIC) del Hospital Universitario 12 de Octubre. Puesto que el presente estudio se realizará cumpliendo y respetando con todos los aspectos éticos anteriormente indicados de la Declaración de Helsinki.

Se les proporcionará a todos los sujetos que participen en el estudio una hoja de consentimiento informado (Anexo V) que deberán leer. En ella encontrarán las directrices sobre el procedimiento del estudio: intervención realizada en el grupo de control y en el grupo experimental, duración del estudio, objetivos del estudio, métodos, beneficios y peligros del estudio y todas aquellas consecuencias que puedan tener relación con el desarrollo del estudio. Tras leer la información facilitada (Anexo IV), deberán cumplimentar el apartado de datos personales (Anexo VI), al cual únicamente podrá acceder el investigador principal en caso de ser necesario en el beneficio del sujeto de estudio. Deberán también leer el consentimiento informado y firmarlo (Anexo V), el cual asegura el adecuado cumplimiento de la “Ley Orgánica 3/2018, de 5 de diciembre, de Protección de Datos Personales y garantía de los derechos digitales”. Para finalizar también serán informados dentro de dicho documento, del derecho a abandonar el estudio en cualquier momento, sin ningún tipo de sanción o repercusión hacia el sujeto, según dicta la ley de protección de datos y derechos ARCO (acceso, rectificación, cancelación y oposición).

5.2 Sujetos de estudio

La población diana a la que está dirigido el presente estudio son hombres, jugadores de fútbol de entre 19 y 24 años. Para que exista una mayor homogeneidad de participantes se establecen los siguientes criterios de inclusión y exclusión:

Criterios de inclusión:

- Sexo masculino.
- Edades comprendidas entre los 19 y 24 años.
- Jugadores de fútbol federados.
- Que la práctica del deporte sea en fútbol 11 sobre césped natural o artificial.

Criterios de exclusión:

- Que hayan sufrido una lesión previa de rotura de isquiotibiales.
- Que hayan sufrido alguna afectación en alguno de los dos miembros inferiores o en zona lumbar, en un plazo de menos de un año.
- Tratamiento farmacológico con relajantes musculares.

- Padecer dolor en miembros inferiores.
- Que cuente con afectación física o cognitiva que no le permita la comprensión o desarrollo de la intervención del estudio.
- Que su club no disponga de polea isoinercial.

Para el cálculo del tamaño de la muestra, utilizaremos la formula establecida para calcular el tamaño muestral en el contraste de hipótesis de la comparación de dos medias.

$$n = \frac{2(K) \times SD^2}{d^2}$$

En dicha formula el valor K es una constante, d la precisión o valor mínimo de diferencia a detectar, y SD la desviación típica. Para la constante K empleamos el nivel de significación, el cual en el ámbito sanitario se establece en el 5% o 0,05 y el poder estadístico, que lo ubicaremos en el 90%, con estos dos parámetros el valor de K es 10,5 según los valores estimados de la siguiente tabla:

	Nivel de significación		
	5%	1%	0.1%
Poder estadístico			
80%	7,8	11,7	17,1
90%	10.5	14,9	20,9
95%	13	17,8	24,3
99%	18.4	24,1	31,6

Tabla 6: Cálculo muestral. Nivel de significación y poder estadístico

Para sacar los datos de SD y d para nuestro cálculo muestral emplearemos los obtenidos a través de estudios similares que serán mencionados.

Para el cálculo muestral se empleará la d y la SD obtenida a través de artículos en los que se midan a través de electromiografía los mismos músculos que los medidos por este.

Activación del bíceps femoral: basado en los datos del estudio de Pascal Edouard et al (7). Con una SD de 19,5 y una d de 21,7.

$$\frac{2(10,5) \times 19,5^2}{21,7^2} = 16,96$$

Obteniendo como se aprecia en la fórmula un tamaño muestral de 17 sujetos.

Activación del glúteo mayor: basado en los datos del estudio de Pascal Edouard et al (7). Con una SD de 5,7 y una d de 13,8.

$$\frac{2(10,5) \times 5,7^2}{13,8^2} = 3,58$$

Obteniendo como se aprecia en la fórmula un tamaño muestral de 4 sujetos.

Activación del aductor mayor: basado en los datos del estudio de Han-i Ko et al (12). Con una SD de 86,2 y una d de 46,9.

$$\frac{2(10,5) \times 86,2^2}{46,9^2} = 70,94$$

Obteniendo como se aprecia en la fórmula un tamaño muestral de 71 sujetos.

Activación del semitendinoso: basado en los datos del estudio de Joke Schuermans et al (8). Con una SD de 28,89 y una d de 12,3.

$$\frac{2(10,5) \times 28,89^2}{12,3^2} = 115,85$$

Obteniendo como se aprecia en la fórmula un tamaño muestral de 116 sujetos.

Ratio entre bíceps femoral y semitendinoso: basado en los datos del estudio de Sandro R Freitas et al (11). Con una SD de 0,5 y una d de 0,29.

$$\frac{2(10,5) \times 0,5^2}{0,29^2} = 62,42$$

Obteniendo como se aprecia en la fórmula un tamaño muestral de 63 sujetos.

Para una mayor representatividad en nuestra muestra se empleará el número mayor obtenido, el cual es 116 sujetos por grupo de estudio, lo que hará una muestra de 232 sujetos y a la que se le añadirá un 10% para prevenir posibles pérdidas, esto nos daría 23,2 sujetos más, por los que necesitaremos una muestra de **256** sujetos.

5.3 Variables

Nombre variable	Tipo	Unidad de medida	Forma de medirla
Momento de medición	Independiente Cualitativa Nominal Dicotómica	0 = pre 1 = post	-
Tipo de tratamiento	Independiente Cualitativa Nominal Dicotómica	0 = control 1 = experimental	-
Activación del glúteo mayor sin fatiga	Dependiente Cuantitativa continua	%	Electromiografía
Activación del bíceps femoral sin fatiga	Dependiente Cuantitativa continua	%	Electromiografía
Activación del aductor mayor sin fatiga	Dependiente Cuantitativa continua	%	Electromiografía
Activación semitendinoso sin fatiga	Dependiente Cuantitativa continua	%	Electromiografía
Ratio bíceps femoral semitendinoso sin fatiga	Dependiente Cuantitativa continua	-	Electromiografía
Activación del glúteo mayor con fatiga	Dependiente Cuantitativa continua	%	Electromiografía
Activación del bíceps femoral con fatiga	Dependiente Cuantitativa continua	%	Electromiografía
Activación del aductor mayor con fatiga	Dependiente Cuantitativa continua	%	Electromiografía

Activación semitendinoso con fatiga	Dependiente Cuantitativa continua	%	Electromiografía
Ratio bíceps femoral semitendinoso con fatiga	Dependiente Cuantitativa continua	-	Electromiografía

Tabla 7: variables de estudio. Elaboración propia

5.4 Hipótesis operativa

Activación del glúteo mayor sin fatiga

H0: no existen diferencias estadísticamente significativas en implementar un tratamiento de ejercicio terapéutico con polea isoinercial para el gesto de extensión activa de cadera sin fatiga en jugadores de fútbol hombre de entre 19 y 24 años en relación a la activación del músculo glúteo mayor.

H1: existen diferencias estadísticamente significativas en implementar un tratamiento de ejercicio terapéutico con polea isoinercial para el gesto de extensión activa de cadera sin fatiga en jugadores de fútbol hombre de entre 19 y 24 años en relación a la activación del músculo glúteo mayor.

Activación del bíceps femoral sin fatiga

H0: no existen diferencias estadísticamente significativas en implementar un tratamiento de ejercicio terapéutico con polea isoinercial para el gesto de extensión activa de cadera sin fatiga en jugadores de fútbol hombre de entre 19 y 24 años en relación a la activación del músculo bíceps femoral.

H1: existen diferencias estadísticamente significativas en implementar un tratamiento de ejercicio terapéutico con polea isoinercial para el gesto de extensión activa de cadera sin fatiga en jugadores de fútbol hombre de entre 19 y 24 años en relación a la activación del músculo bíceps femoral.

Activación del aductor mayor sin fatiga

H0: no existen diferencias estadísticamente significativas en implementar un tratamiento de ejercicio terapéutico con polea isoinercial para el gesto de extensión activa de cadera sin fatiga en jugadores de fútbol hombre de entre 19 y 24 años en relación a la activación del músculo aductor mayor.

H1: existen diferencias estadísticamente significativas en implementar un tratamiento

de ejercicio terapéutico con polea isoinercial para el gesto de extensión activa de cadera sin fatiga en jugadores de fútbol hombre de entre 19 y 24 años en relación a la activación del músculo aductor mayor.

Activación semitendinoso sin fatiga

H0: no existen diferencias estadísticamente significativas en implementar un tratamiento de ejercicio terapéutico con polea isoinercial para el gesto de extensión activa de cadera sin fatiga en jugadores de fútbol hombre de entre 19 y 24 años en relación a la activación del músculo semitendinoso.

H1: existen diferencias estadísticamente significativas en implementar un tratamiento de ejercicio terapéutico con polea isoinercial para el gesto de extensión activa de cadera sin fatiga en jugadores de fútbol hombre de entre 19 y 24 años en relación a la activación del músculo semitendinoso.

Ratio bíceps femoral semitendinoso sin fatiga

H0: no existen diferencias estadísticamente significativas en implementar un tratamiento de ejercicio terapéutico con polea isoinercial para el gesto de extensión activa de cadera sin fatiga en jugadores de fútbol hombre de entre 19 y 24 años en relación al ratio entre bíceps femoral y semitendinoso.

H1: existen diferencias estadísticamente significativas en implementar un tratamiento de ejercicio terapéutico con polea isoinercial para el gesto de extensión activa de cadera sin fatiga en jugadores de fútbol hombre de entre 19 y 24 años en relación al ratio entre bíceps femoral y semitendinoso.

Activación del glúteo mayor con fatiga

H0: no existen diferencias estadísticamente significativas en implementar un tratamiento de ejercicio terapéutico con polea isoinercial para el gesto de extensión activa de cadera con fatiga en jugadores de fútbol hombre de entre 19 y 24 años en relación a la activación del músculo glúteo mayor.

H1: existen diferencias estadísticamente significativas en implementar un tratamiento de ejercicio terapéutico con polea isoinercial para el gesto de extensión activa de cadera con fatiga en jugadores de fútbol hombre de entre 19 y 24 años en relación a la activación del músculo glúteo mayor.

Activación del bíceps femoral con fatiga

H0: no existen diferencias estadísticamente significativas en implementar un tratamiento de ejercicio terapéutico con polea isoinercial para el gesto de extensión activa de cadera con fatiga en jugadores de fútbol hombre de entre 19 y 24 años en relación a la activación del músculo bíceps femoral.

H1: existen diferencias estadísticamente significativas en implementar un tratamiento de ejercicio terapéutico con polea isoinercial para el gesto de extensión activa de cadera con fatiga en jugadores de fútbol hombre de entre 19 y 24 años en relación a la activación del músculo bíceps femoral.

Activación del aductor mayor con fatiga

H0: no existen diferencias estadísticamente significativas en implementar un tratamiento de ejercicio terapéutico con polea isoinercial para el gesto de extensión activa de cadera con fatiga en jugadores de fútbol hombre de entre 19 y 24 años en relación a la activación del músculo aductor mayor.

H1: existen diferencias estadísticamente significativas en implementar un tratamiento de ejercicio terapéutico con polea isoinercial para el gesto de extensión activa de cadera con fatiga en jugadores de fútbol hombre de entre 19 y 24 años en relación a la activación del músculo aductor mayor.

Activación semitendinoso con fatiga

H0: no existen diferencias estadísticamente significativas en implementar un tratamiento de ejercicio terapéutico con polea isoinercial para el gesto de extensión activa de cadera con fatiga en jugadores de fútbol hombre de entre 19 y 24 años en relación a la activación del músculo semitendinoso.

H1: existen diferencias estadísticamente significativas en implementar un tratamiento de ejercicio terapéutico con polea isoinercial para el gesto de extensión activa de cadera con fatiga en jugadores de fútbol hombre de entre 19 y 24 años en relación a la activación del músculo semitendinoso.

Ratio bíceps femoral semitendinoso con fatiga

H0: no existen diferencias estadísticamente significativas en implementar un tratamiento de ejercicio terapéutico con polea isoinercial para el gesto de extensión activa de cadera con fatiga en jugadores de fútbol hombre de entre 19 y 24 años en relación al ratio entre bíceps femoral y semitendinoso.

H1: existen diferencias estadísticamente significativas en implementar un tratamiento de ejercicio terapéutico con polea isoinercial para el gesto de extensión activa de cadera con

fatiga en jugadores de fútbol hombre de entre 19 y 24 años en relación al ratio entre bíceps femoral y semitendinoso.

5.5 Recogida, análisis de datos, contraste de hipótesis

Se realizará una reunión con la directiva y entrenadores de las categorías senior (>18 años) de los clubes de fútbol participantes en el estudio, con los que se acordará la realización del estudio. Los entrenadores de cada equipo serán los encargados de facilitar la información sobre el estudio a sus jugadores. Serán recogidos los datos de los participantes del estudio el día de la entrevista y presentación del mismo, en el que como se menciona, deberán cumplimentar sus datos personales (Anexo VI) y el consentimiento informado (Anexo V) y serán entregados al investigador principal para ser incluidos como participantes del estudio. Con el fin de poder identificar a los participantes preservando sus datos personales, estas hojas a rellenar incorporarán en su parte superior un número de 5 cifras generado de forma aleatoria con el que se podrá identificar al sujeto en caso de ser esto necesario.

Se establecerán dos bases de datos distintas, la primera base de datos A, en la que estarán incluidos los datos de los participantes relacionados con su número identificativo y al que solo podrá acceder el investigador principal en caso de necesitar dicha información, y por otro lado la segunda, base de datos B, utilizada a lo largo del estudio para permitir el análisis de los datos. En esta segunda solo aparecerá el número identificativo de los participantes, con esto cumpliríamos con las garantías de privacidad, intimidad e integridad de todos los sujetos participantes en el estudio, según lo dispuesto en la “Ley Orgánica 3/2018, de 5 de diciembre, de Protección de Datos Personales y garantía de los derechos digitales”.

Tras esto se asignarán los participantes a los grupos 1 y 2 que como viene descrito anteriormente, se realizará mediante una generación de números aleatorios dados por la aplicación Microsoft Excel, los números impares serán incluidos en el grupo 1, experimental, y los números pares en el grupo 2, control.

Posteriormente se tomarán las mediciones del estudio mediante electromiografía de superficie sobre los músculos glúteo mayor, semitendinoso, bíceps femoral y aductor mayor, tanto en condiciones de no fatiga como en condiciones de fatiga, mediante el dispositivo mDurance Pro. Todos estos datos serán recogidos y anotados en la base de datos B por parte del investigador principal y su equipo, para posteriormente ser pasados al programa IBM SPSS Statistics en su versión 28.0.1.1 y ser analizados.

El análisis estadístico estará dividido en dos partes, una primera en la que se realizará un estudio descriptivo para obtener las variables media y desviación típica de los datos obtenidos en las mediciones de EMGS. También se aportarán estos datos de forma visual a través de gráficas de cajas y bigotes o cajas y patillas.

La segunda parte del análisis estadístico será realizada a través de un estudio inferencial de los datos, con el que poder realizar un contraste de hipótesis entre las diferencias que presenta el grupo 1, respecto del grupo 2 en sus respectivas mediciones de pre tratamiento y post tratamiento, para el cual se realizarán las pruebas de normalidad y el test de varianzas con el que poder saber si se distribuyen de forma normal.

Para comprobar si cumple con la normalidad se puede emplear la prueba de Kolmogorov-Smirnov en grupos mayores de 30 sujetos, en el caso de presentarse grupos inferiores a 30 sujetos, se empleará la prueba de Saphiro-Wilk en el caso del presente estudio, que presenta en el cálculo muestral la necesidad de realizarse con 256 sujetos para una mayor representatividad, y emplearemos el test de Kolmogorov-Smirnov.

En dicha prueba presentaremos dos hipótesis:

Hipótesis nula (H_0): la muestra mantiene una distribución normal.

Hipótesis alternativa (H_1): la muestra no mantiene una distribución normal.

Asumiremos un valor de significación de $p > 0.05$ por lo que si el resultado de la prueba es mayor a 0,05 deberemos aceptar la hipótesis nula, confirmando que la muestra tiene una distribución normal. En el caso de obtener una $p < 0,05$ obteniendo un nivel de significación menor a 0,05 deberemos rechazar la hipótesis nula y aceptar la hipótesis alternativa, confirmando así, que la prueba no se distribuye según la normalidad.

Tras esto se realizará la prueba de homogeneidad de varianzas, a través del test de Levene, estableciendo como hipótesis:

Hipótesis nula (H_0): existe igualdad de varianzas en la muestra.

Hipótesis alternativa (H_1): no existe igualdad de varianza en la muestra.

Al igual que en el caso anterior estableceremos un nivel de significación de $p > 0,05$, por lo que si obtenemos un valor superior a 0,05 aceptaremos la hipótesis nula. En el caso de obtener un valor inferior a 0,05 descartaremos la hipótesis nula y aceptaremos la hipótesis alternativa.

En el caso de que se cumpla con los criterios de normalidad y homogeneidad de varianza, se emplearán pruebas paramétricas para realizar el contraste de hipótesis, esta prueba será la T-student de muestras independientes. Para ello estableceremos las hipótesis:

Hipótesis nula (H_0): no existen diferencias estadísticamente significativas.

Hipótesis alternativa (H_1): existen diferencias estadísticamente significativas.

Estableceremos un nivel de significación de $p > 0,05$, por lo que si obtenemos un resultado mayor a 0,05 aceptaremos la hipótesis nula, confirmando que no existen diferencias significativas entre las variables. En el caso de obtener un resultado inferior a 0,05 rechazaremos la hipótesis nula, aceptando la hipótesis alternativa, por lo que se podría confirmar que si existen diferencias significativas.

Tras saber si la prueba es significativa o no, podremos calcular el tamaño del efecto con el que saber cómo de significativo es nuestro resultado, con esta observamos la distancia encontrada entre las medias de la medición pre y post. Dicha medición se realiza a través de la prueba d de Cohen ya que estaríamos tratando datos que asumen igualdad de varianzas. Según el valor que nos de la medición podremos decir que estamos ante un tamaño del efecto pequeño (0,2), moderado (0,5) o grande (0,8).

Si por el contrario la muestra no cumpliera con los criterios de normalidad, se utilizará la prueba no paramétrica para obtener el contraste de hipótesis, esta será la U de Mann-Whitney. Para ello al igual que para las pruebas paramétricas se establecerán las siguientes hipótesis:

Hipótesis nula (H_0): no existen diferencias estadísticamente significativas.

Hipótesis alternativa (H_1): existen diferencias estadísticamente significativas.

Estableceremos un nivel de significación de $p > 0,05$, por lo que si obtenemos un resultado mayor a 0,05 aceptaremos la hipótesis nula, confirmando que no existen diferencias significativas entre las variables. En el caso de obtener un resultado inferior a 0,05 rechazaremos la hipótesis nula, aceptando la hipótesis alternativa, por lo que se podría confirmar que sí existen diferencias significativas.

Tras saber si la prueba es significativa o no, se podrá calcular el tamaño del efecto con el que saber cómo de significativo es nuestro resultado, con esta observamos la distancia encontrada entre las medias de la medición pre y post. Dicha medición se realiza a través de la prueba g

de Hedges, ya que estaríamos tratando datos que no asumen igualdad de varianzas. Según el valor que nos de la medición podremos decir que estamos ante un tamaño del efecto pequeño (0,2), moderado (0,5) o grande (0,8).

5.6 Limitaciones del estudio

La principal limitación encontrada ha sido el reducido tiempo del que disponemos para el desarrollo de la investigación, el cual está ceñido a unas fechas de entrega, limitando, entre otros, la búsqueda de referencias para su desarrollo y dejando fuera a estudios que pueden ser de interés para el presente artículo.

También encontraríamos un número elevado en el cálculo muestral, lo que podría dificultar la realización del mismo, además del posible abandono de participantes debido a que no se les puede cegar, y estos pierdan el interés en participar en el caso de pertenecer al grupo de control.

La dificultad de encontrar bibliografía relacionada con el tema a tratar, ya que no hay mucha información al respecto, además de ser necesario el empleo de bibliografía cuya fecha de publicación es superior a 10 años.

5.7 Equipo de investigación

El equipo de investigación para el estudio está formado por los siguientes profesionales:

Investigador principal: David García Jordà, fisioterapeuta graduado en la Universidad Pontificia de Comillas.

Fisioterapeutas: formado por 6 fisioterapeutas graduados, con máster o experto en fisioterapia deportiva y experiencia en el ámbito del deporte. Un número elevado de profesionales para su desarrollo debido a la necesidad de organizar un grupo grande de sujetos.

Estadístico: un profesional graduado en matemáticas.

6 Plan de trabajo

6.1 Diseño de la intervención

La primera fase del proyecto se centrará en la búsqueda de bibliografía con la que poder ampliar los conocimientos sobre la materia a tratar, poder conocer los últimos avances sobre el tema y poder fundamentar el presente estudio en bibliografía ya publicada. Tras la redacción de toda la introducción en base a evidencia ya conocida, la segunda fase del proyecto constará del desarrollo del diseño del estudio y su posterior redacción con lo que poder presentar la idea al CEIC junto a la documentación necesaria para poder comenzar con el estudio.

Contando ya con la aprobación del CEIC, procederemos a la formación del equipo que llevará a cabo el proyecto junto al investigador principal, los cuales aparecen en el apartado 5.7 de equipo de investigación. Se reunirá al equipo que voluntariamente acepta participar y se le explicará a fondo el proyecto y su labor dentro del mismo.

El equipo investigador realizará una solicitud a la Universidad Pontificia de Comillas de material para el desarrollo del estudio. El equipo solicitado será de electromiografía de superficie para realizar las mediciones y polea isoinercial, utilizada el día de las mediciones para las explicaciones de los ejercicios del protocolo.

Con todo lo anterior hecho y aprobado, se solicitará a distintos clubes de fútbol de la zona la posibilidad de participar en el presente estudio, tras la aprobación por parte de los clubes se realizará una primera reunión (en las instalaciones del polideportivo municipal de Orcasitas) con directivos y entrenadores de los equipos que decidan participar, como toma de contacto con el estudio y facilitación de la información que deberán aportar a los jugadores. Una vez aportada la información a los jugadores por parte de los entrenadores de los clubes de fútbol se realizará una segunda reunión con todos aquellos jugadores de fútbol que hayan decidido participar, donde se explicará el proceso del estudio, resolución de dudas sobre el mismo y se hará un cribado a través de los criterios de inclusión y exclusión con el que poder disponer únicamente de la población acorde con los criterios de inclusión y exclusión establecidos, es posible que tras esta no se llegue al número necesario de sujetos, por lo que se realizará nuevamente el proceso descrito hasta conseguir una muestra mínima de 256 sujetos como establecemos tras la realización del cálculo muestral. Con la muestra ya seleccionada y teniendo los 256 sujetos necesarios, en una última reunión con todos los sujetos de estudio presentes, se procederá a la entrega de la documentación de información al paciente, consentimiento informado y de recogida de datos personales (Anexos IV, V, VI), en dicha reunión será explicado a fondo todo el proceso del estudio y solución de dudas que puedan

quedar por parte de los participantes. El siguiente paso a seguir será la cumplimentación de la base de datos A, mediante el programa informático Microsoft Excel, en la que aparecen los datos personales de los participantes junto a su número de identificación y solo será posible su acceso por parte del investigador principal en el caso de necesitar dicha información en beneficio de los sujetos y en caso de no precisarse dicha información no podrá ser utilizada. Por último, tras completar el registro se generará a cada participante un número aleatorio con el que poder incluirlo en el grupo 1, si es impar, y formará parte del grupo de intervención o el grupo 2, si es par, y formará parte del grupo de control.

Con todo lo anterior concluido, el equipo investigador planificará con los clubes participantes las fechas y horarios de la medición inicial y explicación detallada del plan de ejercicio terapéutico que se va a seguir durante el periodo que dure el estudio, el cual deberán completar los sujetos en su propio club.

El presente estudio empleará la medición de la activación muscular mediante EMGS, la cual será registrada como valoración inicial y su posterior medición de variables que constará como valoración final, estas serán medidas en los tiempos indicados en el apartado de etapas de desarrollo tras el periodo en el que se realizará el protocolo de ejercicio terapéutico.

Puesto que las mediciones se realizarán sobre la pierna dominante, el día acordado para las mediciones se realizará previamente a estas un test de dominancia con el cual la seleccionaremos de manera objetiva, mediante el Harris Test of Lateral Dominance. Del test empleado nos centraremos en las pruebas para obtener la dominancia del miembro inferior, el cual consiste en distintas pruebas con las que en función de la respuesta del sujeto seleccionaremos la pierna a medir, todas ellas aparecen en el Anexo VIII (24).

Sabiendo la pierna dominante del sujeto, se procederá a rasurar y limpiar el muslo de los pacientes antes de la colocación de los electrodos para poder captar mejor la señal de activación muscular. La ubicación de los electrodos será en la musculatura que precisa medir el estudio, la cual es: bíceps femoral, semitendinoso, glúteo mayor y aductor mayor. Los electrodos serán ubicados según las especificaciones del protocolo SENIAM para seguir una estandarización de las mediciones.

Previamente a la medición se habrán delimitado las distancias del test de 30 metros y del protocolo de fatiga.

El sujeto con el equipo de EMGS colocado y sincronizado, procederá a realizar el test de 30 metros 3 veces, tras esto pasará a realizar el protocolo de fatiga en su correspondiente espacio para una vez finalizado volver a realizar el test de 30 metro 3 veces.

Los datos de la EMGS fueron registrados durante los dos periodos de realización del test de 30 metros, el primero sin fatiga y el segundo con fatiga, tras la realización del protocolo para fatigar al sujeto. Para poder obtener los datos se modificó en el ordenador la señal en bruto de ambas pruebas mediante un filtro de baja frecuencia y otro de alta frecuencia, seguido a esto se rectificó la señal y se suavizó el proceso Root Mean Square (RMS).

Con estos datos obtuvimos las medias de los picos de máxima activación muscular en milivoltios, de 3 repeticiones del test de 30 metros sin fatiga y de 3 repeticiones del test de 30 metros con fatiga de los músculos glúteo mayor, bíceps femoral, semitendinoso y aductor mayor. Los valores de ratio de los músculos bíceps femoral y semitendinoso en condiciones de no fatiga y de fatiga se obtuvieron dividiendo el valor del bíceps femoral entre el del semitendinoso.

Con la medición de pre tratamiento registrada, los sujetos del grupo de intervención deberán realizar el protocolo de ejercicio terapéutico con polea isoinercial a seguir, consta de 3 ejercicios, con los cuales se trabaja la extensión de cadera en su máximo recorrido posible dentro de cada gesto. A diferencia de los protocolos en los que incluyen el curl nórdico el cual según mencionan en diversos estudios, trabaja una pequeña porción del rango del movimiento, generando carga excéntrica pero sobre pocos grados del gesto, debido a que se parte de una flexión a 90° hasta el máximo rango que permite, el cual se encuentra a 180°, aunque por incapacidad del deportista a mantener la fuerza, este no llega a los 180° manteniendo el estímulo, además de que en este ejercicio se trabaja desde la rodilla con la cadera fija, algo que no sucede durante la carrera, donde se producen las lesiones (25). Todas estas decisiones también son tomadas en base al principio de especificidad del ejercicio el cual es necesario tener en cuenta ya que una mayor especificidad proporciona una mayor adaptación del deportista hacia su actividad competitiva (26,27).

Nuestro protocolo de ejercicio estaría compuesto por ejercicios ya realizados en distintos artículos en los que se demuestra la implicación de la musculatura sobre la que queremos incidir, estos ejercicios son:

Extensión de cadera en polea isoinercial en decúbito supino: el sujeto parte de la cadera en flexión de 90° llevando la cadera hasta su máxima extensión.

Sentadilla en polea isoinercial: este se realizará desde la mayor profundidad posible por parte del deportista, maximizando el rango de movimiento en la articulación de la cadera (máxima flexión a extensión completa).

Pull through en polea isoinercial: el cual el sujeto en bipedestación de espaldas a la polea y con la cuerda entre las piernas, parte de una flexión de cadera llevando el centro de gravedad hacia posterior y el ejercicio lo realiza haciendo la extensión de cadera hasta su máximo rango.

Manteniendo las especificaciones seguidas en varios estudios en los que se trabaja con polea isoinercial se realizan 4 series de 8 repeticiones, con dos minutos de descanso entre series. El trabajo se pedirá que lo realice el deportista a máxima intensidad, y por último el protocolo de ejercicio será realizado cada 72 horas para su completa recuperación durante el periodo de 10 semanas en el que se realizara la intervención, dando un total de 23 sesiones del protocolo en el grupo de intervención (28,29).

Tras las 10 semanas de duración de la realización del protocolo de ejercicio terapéutico mediante polea isoinercial, se volverá a medir a los participantes de la misma manera expuesta anteriormente.

Con todos los datos registrados en la base de datos B, estos serán aportados al profesional analista para su posterior análisis estadístico, con el que poder llegar a lograr unas conclusiones tras la realización del estudio, y poder finalizarlo con su posterior discusión entre nuestras conclusiones y la evidencia desarrollada hasta el momento.

6.2 Etapas del desarrollo

ETAPA	FECHA DE SU DESARROLLO
Diseño	De septiembre de 2023 a abril de 2024
Aprobación CEIC	De mayo de 2024 a junio de 2024
Asignación de tareas equipo	De mayo de 2024 a junio de 2024
Contacto para el material e instalaciones	De mayo de 2024 a junio de 2024
Contacto con club para realizar estudio	De mayo de 2024 a junio de 2024
Reuniones, entrevista inicial y muestra	De septiembre de 2024 a octubre de 2024
Primera medición y ejercicios	De noviembre de 2024 a diciembre de 2024
Revisión de ejercicios	Al mes del inicio de los ejercicios
Segunda medición	Tras la última sesión de ejercicio de los sujetos (duración del protocolo: 10 semanas, 23 sesiones)
Análisis de los datos	En un tiempo comprendido entre 1 y 2 meses
Finalizar estudio con conclusión y discusión	En un tiempo comprendido entre 2 y 3 meses tras el análisis de los datos

Tabla 8: etapas del desarrollo. Elaboración propia

6.3 Distribución de las tareas de todo el equipo

Las tareas serán distribuidas de la siguiente manera:

El investigador principal es el encargado de realizar el registro de la base de datos A en la que se incluyen los datos personales, ya que este será el único con acceso y solamente en el caso de ser esto necesario.

El equipo de fisioterapeutas junto al fisioterapeuta principal serán los encargados de realizar la fase teórica del estudio, proporcionar la información a los participantes, dar las explicaciones sobre el protocolo que se realizará a cada sujeto y realizar la revisión de los ejercicios cuando sea esta fijada.

El analista será el encargado de, una vez obtenidos todos los datos biométricos en las mediciones y registrados en la base de datos B, utilizarlos para realizar la estadística del presente estudio.

6.4 Lugar de realización del proyecto

En el presente proyecto se realizará la entrevista inicial, recogida de consentimiento informado y toma de muestras, tanto pre como post, en las instalaciones deportivas del polideportivo municipal de Orcasitas, situada en calle Rafaela Ibarra S/N en Madrid (Madrid) (España), donde se realizarán las mediciones y reuniones necesarias para el desarrollo de este (Anexo IX). El protocolo de ejercicios que deberán realizar los sujetos del estudio lo realizaran en sus propias instalaciones de cada club de fútbol ya que un requisito para poder participar es el disponer del material de dicho protocolo.

7. BIBLIOGRAFIA

- (1) Mendiguchia J, Alentorn-Geli E, Brughelli M. Hamstring strain injuries: are we heading in the right direction? *Br J Sports Med* 2012 -02;46(2):81-85.
- (2) Shalaj I, Gjaka M, Bachl N, Wessner B, Tschan H, Tishukaj F. Potential prognostic factors for hamstring muscle injury in elite male soccer players: A prospective study. *PLoS One* 2020 November 9;15(11):e0241127.
- (3) Mendiguchia J, Brughelli M. A return-to-sport algorithm for acute hamstring injuries. *Phys Ther Sport* 2011 -02;12(1):2-14.
- (4) Ribeiro-Alvares JB, Dornelles MP, Fritsch CG, de Lima-E-Silva FX, Medeiros TM, Severo-Silveira L, et al. Prevalence of Hamstring Strain Injury Risk Factors in Professional and Under-20 Male Football (Soccer) Players. *J Sport Rehabil* 2020 -03-01;29(3):339-345.
- (5) Bramah C, Mendiguchia J, Dos'Santos T, Morin J. Exploring the Role of Sprint Biomechanics in Hamstring Strain Injuries: A Current Opinion on Existing Concepts and Evidence. *Sports Med* 2023 -09-19.
- (6) Bruno P. Developing clinical procedures to diagnose specific motor control impairments associated with low back pain: prone hip extension (PHE), active straight leg raise (ASLR), and gait variability. *J Can Chiropr Assoc* 2017 December 1;61(3):207-211.
- (7) Edouard P, Mendiguchia J, Lahti J, Arnal PJ, Gimenez P, Jiménez-Reyes P, et al. Sprint Acceleration Mechanics in Fatigue Conditions: Compensatory Role of Gluteal Muscles in Horizontal Force Production and Potential Protection of Hamstring Muscles. *Front Physiol* 2018 November 30;9:1706.
- (8) Schuermans J, Van Tiggelen D, Danneels L, Witvrouw E. Biceps femoris and semitendinosus—teammates or competitors? New insights into hamstring injury mechanisms in male football players: a muscle functional MRI study. *Br J Sports Med* 2014 December 1;48(22):1599-1606.
- (9) Schuermans J, Van Tiggelen D, Danneels L, Witvrouw E. Susceptibility to Hamstring Injuries in Soccer: A Prospective Study Using Muscle Functional Magnetic Resonance Imaging. *Am J Sports Med* 2016 -05;44(5):1276-1285.
- (10) Dauty M, Menu P, Fouasson-Chailloux A. Cutoffs of isokinetic strength ratio and hamstring strain prediction in professional soccer players. *Scand J Med Sci Sports* 2018 -01;28(1):276-281.
- (11) Freitas SR, Mendes B, Firmino T, Correia JP, Witvrouw, Erik E. M. C., Oliveira R, et al. Semitendinosus and biceps femoris long head active stiffness response until failure in professional footballers with vs. without previous hamstring injury. *Eur J Sport Sci* 2022 -07;22(7):1132-1140.
- (12) Ko H, Jeon S, Kim S, Park K. Comparison of hip extensor muscle activity including the adductor magnus during three prone hip extension exercises. *Physiother Theory Pract* 2019 -05;35(5):451-457.

- (13) Pinniger GJ, Steele JR, Groeller H. Does fatigue induced by repeated dynamic efforts affect hamstring muscle function? *Medicine & Science in Sports & Exercise* 2000 March;32(3):647.
- (14) Al Attar, Wesam Saleh A., Bizzini M, Alzahrani H, Alarifi S, Ghulam H, Alyami M, et al. The FIFA 11+ Kids Injury Prevention Program Reduces Injury Rates Among Male Children Soccer Players: A Clustered Randomized Controlled Trial. *Sports Health* 2023 -05;15(3):397-409.
- (15) Asgari M, Alizadeh MH, Shahrbanian S, Nolte K, Jaitner T. Effects of the FIFA 11+ and a modified warm-up programme on injury prevention and performance improvement among youth male football players. *PLoS One* 2022 October 20;17(10):e0275545.
- (16) Asgari M, Nazari B, Bizzini M, Jaitner T. Effects of the FIFA 11+ program on performance, biomechanical measures, and physiological responses: A systematic review. *J Sport Health Sci* 2023 -03;12(2):226-235.
- (17) de Keijzer KL, Raya-González J, López Samanés Á, Moreno Perez V, Beato M. Perception and use of flywheel resistance training amongst therapists in sport. *Front Sports Act Living* 2023 April 12;5:1141431.
- (18) Bright TE, Handford MJ, Mundy P, Lake J, Theis N, Hughes JD. Building for the Future: A Systematic Review of the Effects of Eccentric Resistance Training on Measures of Physical Performance in Youth Athletes. *Sports Med* 2023;53(6):1219-1254.
- (19) Križaj L, Kozinc Ž, Löfler S, Šarabon N. The chronic effects of eccentric exercise interventions in different populations: an umbrella review. *Eur J Transl Myol* 2022 October 21;32(4):10876.
- (20) Martín-San Agustín R, Sánchez-Barbadora M, García-Vidal JA. Validity of an inertial system for measuring velocity, force, and power during hamstring exercises performed on a flywheel resistance training device. *PeerJ* 2020 October 9;8:e10169.
- (21) Hermie J Hermens , Bart Freriks , Catherine Disselhorst-Klug , Günter Rau. Development of recommendations for SEMG sensors and sensor placement procedures - ScienceDirect.
- (22) Santander MD, Anselmi HE, Garcia GC. Evaluación de la velocidad máxima en un esprint de 30 metros en jóvenes futbolistas argentinos. *Arch. med. deporte* 2022:132-137.
- (23) Benito-Martínez E, Martínez-Amat A, Lara-Sánchez AJ, Berdejo-Del-Fresno D, Martínez-López EJ. Effect of combined electrostimulation and plyometric training on 30 meters dash and triple jump. *J Sports Med Phys Fitness* 2013 -08;53(4):387-395.
- (24) Harris AJ. Lateral Dominance, Directional Confusion, and Reading Disability. *The Journal of Psychology* 1957 -10-1.
- (25) Núñez FJ, Santalla A, Carrasquilla I, Asian JA, Reina JI, Suarez-Arrones LJ. The effects of unilateral and bilateral eccentric overload training on hypertrophy, muscle power and COD performance, and its determinants, in team sport players. *PLoS One* 2018 March 28;13(3):e0193841.

(26) Paul Gamble. Implicaciones y Aplicaciones de la Especificidad del Entrenamiento para Entrenadores y Atletas. Available at: <https://g-se.com/implicaciones-y-aplicaciones-de-la-especificidad-del-entrenamiento-para-entrenadores-y-atletas-1026-sa-n57cfb271b0c69>. Accessed Apr 10, 2024.

(27) Pereira LG, De La Rosa, Yaxel Ale, Navarro JRS. PRINCIPIOS DEL ENTRENAMIENTO DEPORTIVO MODERNO.

(28) Suarez-Arrones L, Núñez FJ, Lara-Lopez P, Di Salvo V, Méndez-Villanueva A. Inertial flywheel knee- and hip-dominant hamstring strength exercises in professional soccer players: Muscle use and velocity-based (mechanical) eccentric overload. PLoS One 2020 October 2,;15(10):e0239977.

(29) de Keijzer KL, McErlain-Naylor SA, Beato M. The Effect of Flywheel Inertia on Peak Power and Its Inter-session Reliability During Two Unilateral Hamstring Exercises: Leg Curl and Hip Extension. Front Sports Act Living 2022 June 10,;4:898649.

8. ANEXOS

Anexo I: búsquedas en PUBMED

Search	Actions	Details	Query	Results	Time
#44	...	▼	Search: (hip extension) AND (electromyography) Filters: in the last 10 years ((("hip"[MeSH Terms] OR "hip"[All Fields]) AND ("extensibilities"[All Fields] OR "extensibility"[All Fields] OR "extensible"[All Fields] OR "extension"[All Fields] OR "extensions"[All Fields]) AND ("electromyography"[MeSH Terms] OR "electromyography"[All Fields] OR "electromyographies"[All Fields])) AND (y_10[Filter])) Translations hip: "hip"[MeSH Terms] OR "hip"[All Fields] extension: "extensibilities"[All Fields] OR "extensibility"[All Fields] OR "extensible"[All Fields] OR "extension"[All Fields] OR "extensions"[All Fields] electromyography: "electromyography"[MeSH Terms] OR "electromyography"[All Fields] OR "electromyographies"[All Fields]	297	05:17:54
#26	...	▼	Search: ((hip extension) AND (electromyography)) AND (gluteus maximus) AND (hamstring muscles) ((("hip"[MeSH Terms] OR "hip"[All Fields]) AND ("extensibilities"[All Fields] OR "extensibility"[All Fields] OR "extensible"[All Fields] OR "extension"[All Fields] OR "extensions"[All Fields]) AND ("electromyography"[MeSH Terms] OR "electromyography"[All Fields] OR "electromyographies"[All Fields]) AND ("gluteus"[All Fields] AND "maximus"[All Fields]) AND ("hamstring muscles"[MeSH Terms] OR ("hamstring"[All Fields] AND "muscles"[All Fields]) OR "hamstring muscles"[All Fields])) Translations hip: "hip"[MeSH Terms] OR "hip"[All Fields] extension: "extensibilities"[All Fields] OR "extensibility"[All Fields] OR "extensible"[All Fields] OR "extension"[All Fields] OR "extensions"[All Fields] electromyography: "electromyography"[MeSH Terms] OR "electromyography"[All Fields] OR "electromyographies"[All Fields] hamstring muscles: "hamstring muscles"[MeSH Terms] OR ("hamstring"[All Fields] AND "muscles"[All Fields]) OR "hamstring muscles"[All Fields]	31	05:01:57
#34	...	>	Search: ((hamstring muscle strain) OR (hamstring muscle tears)) OR (hamstring muscle injuries) AND (soccer player) AND (clinicaltrial[Filter]) Filters: Clinical Trial	40	05:09:25
#55	...	>	Search: (((((hamstring muscle strain) OR (hamstring muscle tears)) OR (hamstring muscle injuries)) AND (soccer player)) OR (athlets)) OR (sport)) NOT (ligament)) NOT (meniscal) Filters: Free full text, Clinical Trial, in the last 5 years, Male, Young Adult: 19-24 years	806	05:23:28

Search	Actions	Details	Query	Results	Time
#43	...	▼	Search: ((flywheel) OR (isoinertial training)) AND (hip extension) ("flywheel"[All Fields] OR "flywheels"[All Fields] OR ("isoinertial"[All Fields] AND ("education"[MeSH Subheading] OR "education"[All Fields] OR "training"[All Fields] OR "education"[MeSH Terms] OR "train"[All Fields] OR "train s"[All Fields] OR "trained"[All Fields] OR "training s"[All Fields] OR "trainings"[All Fields] OR "trains"[All Fields]))) AND (("hip"[MeSH Terms] OR "hip"[All Fields]) AND ("extensibilities"[All Fields] OR "extensibility"[All Fields] OR "extensible"[All Fields] OR "extension"[All Fields] OR "extensions"[All Fields])) Translations flywheel: "flywheel"[All Fields] OR "flywheels"[All Fields] training: "education"[Subheading] OR "education"[All Fields] OR "training"[All Fields] OR "education"[MeSH Terms] OR "train"[All Fields] OR "train s"[All Fields] OR "trained"[All Fields] OR "training s"[All Fields] OR "trainings"[All Fields] OR "trains"[All Fields] hip: "hip"[MeSH Terms] OR "hip"[All Fields] extension: "extensibilities"[All Fields] OR "extensibility"[All Fields] OR "extensible"[All Fields] OR "extension"[All Fields] OR "extensions"[All Fields]	14	05:15:12

Search	Actions	Details	Query	Results	Time
#58	...	▼	Search: ((ratio) AND (biceps femoris)) AND (semitendinosus) ("ratio"[All Fields] OR "ratio s"[All Fields] OR "ratioes"[All Fields] OR "ratios"[All Fields]) AND ("hamstring muscles"[MeSH Terms] OR "hamstring"[All Fields] AND "muscles"[All Fields]) OR "hamstring muscles"[All Fields] OR ("biceps"[All Fields] AND "femoris"[All Fields]) OR "biceps femoris"[All Fields] AND ("hamstring muscles"[MeSH Terms] OR "hamstring"[All Fields] AND "muscles"[All Fields]) OR "hamstring muscles"[All Fields] OR "semitendinosus"[All Fields] Translations ratio: "ratio"[All Fields] OR "ratio's"[All Fields] OR "ratioes"[All Fields] OR "ratios"[All Fields] biceps femoris: "hamstring muscles"[MeSH Terms] OR ("hamstring"[All Fields] AND "muscles"[All Fields]) OR "hamstring muscles"[All Fields] OR ("biceps"[All Fields] AND "femoris"[All Fields]) OR "biceps femoris"[All Fields] semitendinosus: "hamstring muscles"[MeSH Terms] OR ("hamstring"[All Fields] AND "muscles"[All Fields]) OR "hamstring muscles"[All Fields] OR "semitendinosus"[All Fields]	428	05:27:03

Anexo II: búsquedas en EBSCO

☐	S3	 hip extension AND electromyography	Limitadores - Publicaciones académicas (arbitradas); Fecha de publicación: 20130101-20231231 Modos de búsqueda - Booleano/Frase	 Ver resultados (548)	 Ver detalles	 Modificar
☐	S6	 hip extension AND electromyography AND gluteus maximus AND hamstring muscles	Limitadores - Fecha de publicación: 20130101-20231231 Modos de búsqueda - Booleano/Frase	 Ver resultados (31)	 Ver detalles	 Modificar

☐	S8	 hamstring muscle strain OR hamstring muscle tears OR hamstring muscle injuries AND soccer players	Limitadores - Fecha de publicación: 20130101-20231231 Modos de búsqueda - Booleano/Frase	Ver resultados (415) Ver detalles Modificar
☐	S15	 (hip extension) AND (S13 AND S14)	Ampliadores - Aplicar materias equivalentes Modos de búsqueda - Booleano/Frase	Ver resultados (11) Ver detalles Modificar
☐	S14	 hip extension	Limitadores - Fecha de publicación: 20130101-20231231 Modos de búsqueda - Booleano/Frase	Ver resultados (5,263) Ver detalles Modificar
☐	S13	 flywheel OR isoinertial training	Limitadores - Fecha de publicación: 20130101-20231231 Modos de búsqueda - Booleano/Frase	Ver resultados (3,314) Ver detalles Modificar
☐	S26	 S23 AND S24	Limitadores - Fecha de publicación: 20130101-20241231 Ampliadores - Aplicar materias equivalentes Modos de búsqueda - Booleano/Frase	Ver resultados (707) Ver detalles Modificar
☐	S25	 S23 AND S24	Ampliadores - Aplicar materias equivalentes Modos de búsqueda - Booleano/Frase	Ver resultados (870) Ver detalles Modificar
☐	S24	 biceps femoris AND semitendinosus	Ampliadores - Aplicar materias equivalentes Modos de búsqueda - Booleano/Frase	Ver resultados (7,216) Ver detalles Modificar
☐	S23	 ratio	Ampliadores - Aplicar materias equivalentes Modos de búsqueda - Booleano/Frase	Ver resultados (5,589,723) Ver detalles Modificar

Anexo III: solicitud de aprobación para el desarrollo de investigación al CEIC

Don David García Jordà en calidad de investigador principal del estudio, graduado en fisioterapia por la Universidad Pontificia de Comillas.

Expone:

El deseo de realizar el estudio “Valorar si el trabajo con polea isoinercial modifica la activación de los músculos que realizan extensión de cadera durante la carrera en futbolistas masculinos de entre 19 y 24 años”, en las instalaciones del polideportivo municipal de Orcasitas, situada en calle Rafaela Ibarra S/N en Madrid (Madrid) (España).

Dicho estudio se llevará a cabo según se expone en el documento, teniendo en cuenta tanto la normativa vigente ante ensayos clínicos en España expuesta en la “Ley Orgánica 3/2018, de 5 de diciembre, de Protección de Datos Personales y garantía de los derechos digitales”, como el cumplimiento de todas las normas éticas establecidas por la asamblea de Helsinki. Se garantiza por parte del equipo que conforma el estudio la confidencialidad de los datos y su utilización con el fin único de aportar información al estudio.

Solicita:

Sea concedida la autorización para llevar a cabo dicho ensayo, el cual aparece descrito en el desarrollo del mismo junto al consiguiente protocolo de realización.

Se adjunta la siguiente información:

- Currículum vitae del investigador principal.
- Protocolo de investigación.
- Documento de confidencialidad de los datos.
- Consentimiento informado por parte de los sujetos que participen junto a la hoja de información.
- Documento de compromiso del equipo investigador.

Firmado:

Don. David García Jordà

En Madrid, a __ de _____ del 20__.

Anexo IV: documento informativo para los sujetos de estudio

Hoja de información al paciente

Datos del investigador: David García Jordà.

Centro de investigación: polideportivo municipal de Orcasitas, situada en calle Rafaela Ibarra S/N en Madrid (Madrid) (España).

Correo electrónico: davidgarciajorda@gmail.com

Título del estudio: “Valorar si el trabajo con polea isoinercial modifica la activación de los músculos que realizan extensión de cadera durante la carrera en futbolistas masculinos de entre 19 y 24 años”.

Como participante en el estudio tiene derecho a conocer los procedimientos llevados a cabo por el mismo, además de las complicaciones más frecuentes que pueden aparecer.

Es necesario recalcar la obligatoriedad de firmar el siguiente documento de “consentimiento informado” para su posible participación en el estudio, con la que declarará que ha sido informado sobre los riesgos que pueden producirse al llevarse a cabo el estudio, al igual que confirma que han sido solventadas todas sus dudas.

Procedimiento

El presente estudio tiene como objetivo valorar la efectividad de implementar un protocolo de ejercicio terapéutico mediante el uso de polea isoinercial mejora la función de la extensión excéntrica de cadera durante la carrera, disminuyendo la activación del bíceps femoral y con ello disminuir el riesgo de rotura del mismo.

Todos aquellos sujetos que participen en el presente estudio serán asignados aleatoriamente a uno de los dos grupos que conformarán el estudio: un grupo experimental y un grupo de control.

El estudio constará de dos mediciones, una previa a la implementación del protocolo de ejercicio terapéutico y otra tras las 10 semanas de realización del mismo, en dicho periodo se realizarán 23 sesiones. Dicha medición constará de 3 repeticiones de un test de 30 metros, el cual será realizado sin fatiga, seguido de un protocolo de fatiga y por último se repetirán las 3 tomas de la medición en el test de 30 metros con fatiga sobre el deportista. Las mediciones se realizarán a través de electromiografía de superficie (método no invasivo), sobre los músculos bíceps femoral, semitendinoso, glúteo mayor y aductor mayor, todos ellos según el protocolo SENIAM.

Riesgos específicos de la utilización de equipos electromiográficos.

En la bibliografía actual no se exponen riesgos derivados del uso de dichos dispositivos, salvo aquellos que puedan venir dados a causa de los materiales empleados en la fabricación de los electrodos utilizados.

Riesgos específicos de la utilización de equipos isoinerciales:

No hay bibliografía que hable de riesgos mediante su utilización más allá de las establecidas en cualquier protocolo de ejercicio terapéutico. Tener en cuentas la aparición de agujetas y en caso de no controlarse bien las cargas establecidas, un mayor daño muscular al tratarse de trabajo con una alta carga excéntrica, por lo que, para mitigar dicho aspecto, están establecidos periodos de descanso adecuados entre series, ejercicios y sesiones.

Riesgos de realizar el test de 30 metros y riesgos de realizar el protocolo de fatiga.

Ambos se mencionan juntos ya que se realizan en distancias similares y con la premisa de realizarlo a máxima velocidad. En la bibliografía empleada no aparecen riesgos o efectos secundarios distintos a los que pueden producirse durante un entrenamiento habitual de la disciplina que practica el sujeto. Ambos protocolos han sido empleados en diversos artículos por lo que estos pueden considerarse seguros. La orden que tendrá el sujeto durante la realización de ambos será que, en cualquier momento que no se encuentre cómodo durante su realización, se podrá cesar la medición por seguridad del mismo.

Derechos de los participantes en el estudio:

La participación en el mismo es de forma libre y voluntaria, por lo que como participante en el mismo tiene derecho a:

- Tomar la decisión de rescindir su participación en cualquier momento, sin necesidad de justificación ni posibilidad de sanción, además de poder decidir sobre el destino que tomarán sus datos obtenidos durante el tiempo de participación.
- Acceso, rectificación o supresión de todos aquellos datos en cualquier momento durante el desarrollo del estudio.
- Los datos de carácter personal serán protegidos mediante la utilización de una base de datos anónima en la que solo aparecerá el número identificativo de cada sujeto y únicamente será el investigador principal quien tendrá la posibilidad de acceder a los datos personales, exclusivamente cuando esto sea necesario. Todos los datos recogidos serán tratados de forma que se cumpla la “Ley Orgánica “Ley Orgánica 3/2018, de 5 de diciembre, de Protección de Datos Personales y garantía de los derechos digitales”.
- Contactar con el investigador cuando esto sea necesario.

Anexo V: hoja de consentimiento informado

Yo, D/Dña. _____

con DNI _____

He sido informado sobre la intervención que se realizará en el estudio, con la posibilidad de hacer preguntas sobre aquellos aspectos que se desconozcan. Firmando en el apartado inferior consiento mi participación y que se me apliquen los procedimientos que han sido explicados de forma comprensible y suficiente.

He sido informado de la posibilidad de renunciar a mi participación en dicho estudio, conozco el plan de trabajo propuesto para la intervención y consiento su realización por parte de un fisioterapeuta colegiado.

Declaro haber proporcionado los datos de forma verdadera y leal sobre aquellos aspectos que se me solicitan, los cuales pudieran afectar al buen desarrollo del estudio.

De forma libre, voluntaria y consciente decido dar mi consentimiento a la realización de los procesos de los cuales he sido informado.

Firma:

Madrid a _____ de _____ de 20__

Anexo VI: hoja de datos personales de los participantes

Número de identificación

A continuación, deberá rellenar los siguientes apartados sobre información personal. Estos serán archivados de forma confidencial por el investigador principal del estudio. La identificación se realizará a través de un código numérico con el que preservaremos el anonimato y la correcta protección de los datos personales de los participantes, tampoco serán publicados ninguno de los datos. El aporte de los datos personales tendrá como finalidad la comunicación de los resultados del estudio a cada participante una vez este concluya.

Apellidos		
Nombre		
Fecha de nacimiento / edad		
Correo electrónico		
Número de teléfono		

Firma:

Madrid a _____ de _____ de 20__

Anexo VII: base de datos de recogida de variables

[illegible][illegible]

Anexo VIII: tabla dominancia de miembro inferior

Dominancia del pie	Derecho	Izquierdo
Dar una patada a un balón		
Escribir una letra con el pie		
Saltar a la pata coja 10 metros		
Mantener el equilibrio sobre un pie		
Subir un escalón		
Girar sobre un pie		
Sacar un balón de debajo de una silla		
Condición de balón de 10 metros		
Elevar una pierna sobre una mesa o silla		
Pierna que adelante al desequilibrarlo		

Tabla 9: test de dominancia. Elaboración propia

Anexo IX: ubicación



Ilustración 4: instalaciones. Disponible en:
<https://www.google.es/maps/place/Polideportivo+municipal+de+Orcasitas/@40.3759551,-3.7176276,1009m/data=!3m1!1e3!4m6!3m5!1s0xd4227b08d161ad5:0x60d4d3d361a1f967!8m2!3d40.3756165!4d-3.7126506!16s%2Fq%2F11btm09xbj?entry=ttu>