



**ESCUELA  
DE ENFERMERÍA  
Y FISIOTERAPIA**



**SAN JUAN DE DIOS**

**Grado en Fisioterapia**

## **Trabajo Fin de Grado**

**Título: Valorar la influencia de diferentes métodos de trabajo excéntrico sobre el aumento de fuerza de la musculatura isquiotibial y su relación con la lesión del LCA en jugadores de fútbol**

Alumno: David Arribas Calvo

Tutor: Carlos López Moreno

**Madrid, mayo de 2020**

## Tabla de contenido

Tabla de contenido.....	2
Tabla de abreviaturas.....	3
Resumen.....	4
Abstract.....	5
1. Antecedentes y estado actual del tema.....	6
2. Evaluación de la evidencia.....	20
3. Objetivos del estudio.....	23
4. Hipótesis.....	24
5. Metodología.....	25
5.1 Diseño.....	25
5.2 Sujetos de estudio.....	26
5.3 Variables.....	28
5.4 Hipótesis operativa.....	29
5.5 Recogida, análisis de datos, contraste de la hipótesis.....	30
5.6 Equipo investigador.....	31
6. Plan de trabajo.....	32
6.1 Diseño de la intervención.....	32
6.2 Etapas de desarrollo.....	34
6.3 Distribución de tareas de todo el equipo investigador.....	34
6.5 Lugar de realización del proyecto.....	35
7. Listado de referencias.....	36
8. Anexos.....	41

## Tabla de abreviaturas

LCA/ACL	Ligamento Cruzado Anterior/Anterior Cruciate Ligament
NHE	Ejercicio nórdico de isquiotibiales
EMGs	Electromiografía de superficie
RMS	Root Mean Square
CEIC	Comité ético de Investigación Clínica
RFFM	Real Federación de Fútbol de Madrid
RFEF	Real Federación Española de Fútbol

## **Resumen**

### **Antecedentes**

El fútbol es uno de los deportes que más lesiones causa por temporada, siendo las de tipo muscular y ligamentoso aquellas que más sufren los futbolistas. La lesión del LCA incapacita largos periodos de tiempo sin poder llevar a cabo la actividad, su origen principalmente es sin contacto, lo que quiere decir que en ella intervienen varios componentes que afectan a la articulación de la rodilla en el momento de la lesión. La musculatura isquiosural juega un papel importante a la hora de poder prevenirla, por lo que deberemos tener en un estado óptimo a los músculos que la componen, prestando especial atención al bíceps femoral que es, dentro de este grupo, el que más porcentaje tiene de rotura muscular. Cabe destacar que hasta el día de hoy no existe un programa de intervención estandarizado establecido para el fútbol para prevenir las lesiones del LCA sin contacto, pero si se sabe que los programas con componentes múltiples dan mejores resultados que los programas preventivos de un solo componente.

### **Objetivos**

El objetivo del estudio es valorar la influencia del ejercicio excéntrico nórdico (NHE) frente al ejercicio excéntrico iso-inercial en el aumento de fuerza de la musculatura isquiotibial en jugadores de fútbol con edad comprendida entre los 19 y los 44 años.

### **Metodología**

Se diseña un estudio analítico experimental prospectivo con relación a dos grupos de estudio. Entre ellos se va a realizar una comparación de medias de muestras no relacionadas. El primer grupo realizará el ejercicio nórdico de isquiotibiales incluido dentro de la rutina normal de entrenamiento, mientras que el segundo realizará el ejercicio iso-inercial dentro también de su rutina normal de entrenamiento.

A ambos grupos se les medirá la fuerza de la musculatura isquiotibial con un dinamómetro y la activación muscular con un equipo de EMGs antes de comenzar el estudio (medición pre) y al finalizarlo (medición post). Finalmente se obtendrán los resultados comparando ambas mediciones.

### **Palabras clave**

Fútbol, Isquiotibiales, Excéntrico, lesión LCA, Fuerza.

# **Abstract**

## **Background**

Soccer is one of the sports that causes more injuries per season. The injuries that soccer players suffer the most are muscular and ligamentous. Anterior cruciate ligament (ACL) injury disables for long periods of time during which the player is unable to carry out his activity. The etiology of the injury is mainly contactless, which means that various components intervene that affect the knee joint at the time of injury. The hamstring musculature plays an important role when it comes to preventing it, so we must keep the muscles that compose it in an optimal state, paying special attention to the biceps femoris, which suffers within this group the highest percentage of muscle tear. It should be noted that to date there is no standardized intervention program established to prevent ACL contactless injuries for soccer players, but it is known that programs with multiple components achieve better results than preventive programs with only one component.

## **Objectives**

The objective of the study is to assess the influence of eccentric exercise (NHE, Nordic Hamstring Exercise) versus iso-inertial eccentric exercise on the increase in strength of the hamstring in soccer players 19 to 44 years old.

## **Methodology**

Prospective experimental analytical study comparing two study groups. A comparison of means of unrelated samples will be carried out. The first group will perform the Nordic hamstring exercise included within the normal training routine, while the second group will perform the iso-inertial exercise also within their normal training routine.

The strength of the hamstring muscles will be measured in both groups with a dynamometer and muscle activation will be assessed with an EMG equipment before starting the study (pre-measurement) and at the end (post-measurement). Finally, the result will be evaluated by comparing both measurements

## **Key words**

Soccer, hamstring, eccentric, ACL injury, strength.

## 1. Antecedentes y estado actual del tema

El fútbol es uno de los deportes que más incidencias de lesiones tiene durante la temporada, con valores comprendidos entre las 6 y las 9 lesiones por cada 1.000 horas de exposición (lesiones/1.000h) con respecto a otras prácticas deportivas.

En relación con la tipología de las lesiones, todos los estudios analizados coinciden en que la mayor proporción de lesiones que se padecen son de tipo muscular. Dentro de estas, las roturas musculares, con una incidencia lesional de 1,7 lesiones/1.000 horas, son las que más días de baja causan, mientras que en segundo lugar destacan las lesiones de tipo ligamentoso, con una incidencia de 2,0 lesiones/1.000 horas; ambas destacan claramente sobre el resto de las patologías lesionales. (Tabla 1)

La lesión del LCA es una de las lesiones de carácter ligamentoso, por detrás de aquellas que afectan a la articulación del tobillo, que más incapacitan al futbolista durante largos periodos de tiempo sin poder desarrollar su actividad debido a su gravedad y a los días de baja por lesión que produce (154 días de baja promedio por lesión de forma aislada y 170 días de baja por lesión de forma asociada). (Tabla 2).

**Tabla 1** Número de lesiones y días de baja total y por equipos en función de la tipología lesional

Tipología lesional	Total			Por equipo	
	n	% del total	Días de baja	n	Días de baja
Sobrecarga muscular	516	23,8%	2.366	19,1	87,6
Rotura muscular	353	16,3%	7.215	13,1	267,2
Ligamentosa	328	15,1%	4.917	12,1	182,1
Contractura muscular	204	9,4%	1.592	7,6	59,0
Inflamación/edema	188	8,7%	842	7,0	31,2
Contusión	140	6,4%	569	5,2	21,1
Articular	119	5,5%	1.669	4,4	61,8
Tendinitis	104	4,8%	1.434	3,9	53,1
Fractura	36	1,7%	1.007	1,3	37,3
Herida	32	1,5%	152	1,2	5,6
Pubalgia	32	1,5%	934	1,2	34,6
Meniscal	29	1,3%	561	1,1	20,8
Subluxación/dislocación	20	0,9%	287	0,7	10,6
Otra lesión ósea	18	0,8%	398	0,7	14,7
Fisura	13	0,6%	266	0,5	9,9
Fascitis plantar	12	0,6%	166	0,4	6,1
Bursitis	11	0,5%	70	0,4	2,6
SNP	9	0,4%	69	0,3	2,6
Conmoción cerebral	8	0,4%	18	0,3	0,7
Total	2.172	100%	24.532	80,4	908,6

SNP: Sistema Nervioso Periférico.

Tabla1: número de lesiones y días de baja total y por equipos en función de la tipología lesional. Fuente: <https://www.apunts.org/en-pdf-X0213371712807012>

**Tabla 5** Número de lesiones y días de baja expuestos en valores totales y promedio por equipo a lo largo de la temporada

	N	Total		Por equipo		Promedio lesión
		% del total	Días de baja	N	Días de baja	
Lateral externo tobillo	101	46,8	1.014	3,7	37,6	10,0
Lateral interno rodilla	68	31,5	1.181	2,5	43,7	17,4
Lateral interno tobillo	20	9,3	226	0,7	8,4	11,3
Lateral externo rodilla	6	2,8	72	0,2	2,7	12,0
Sindesmosis	5	2,3	260	0,2	9,6	52,0
Cruzado anterior	4	1,9	616	0,1	22,8	154,0
LLET + LLIT	3	1,4	69	0,1	2,6	23,0
LCA + LLIR + ME	2	0,9	340	0,1	12,6	170,0
LLER + MI	2	0,9	97	0,1	3,6	48,5
Acromioclavicular	2	0,9	19	0,1	0,7	9,5
Sindesmosis + LLET	1	0,5	94	0,0	3,5	94,0
Cruzado posterior	1	0,5	87	0,0	3,2	87,0
Lisfranc	1	0,5	23	0,0	0,9	23,0

Días de baja promedio por lesión ligamentosa para cada estructura de esta tipología.  
LCA: ligamento cruzado anterior; LLIR: ligamento lateral interno de la rodilla; LLER: ligamento lateral externo de la rodilla; LLIT: ligamento lateral interno del tobillo; LLET: ligamento lateral externo del tobillo; ME: menisco externo; MI: menisco interno.

Tabla 2: número de lesiones y días de baja expuestos en valores totales y promedio por equipo a lo largo de la temporada. Fuente: <https://www.apunts.org/en-pdf-X0213371712807012>

Esta lesión guarda relación con diversos factores que pueden ser causantes de acentuar la probabilidad de sufrirla. La articulación de la rodilla es una de las partes más implicada en este proceso debido a los movimientos de la misma y a la musculatura que la rodea. Dentro de esta musculatura prestamos especial atención a los músculos isquiotibiales, los cuales están formados por el músculo semimembranoso, con origen en la cara superolateral de la tuberosidad isquiática e inserción en el cóndilo medial de la tibia posterior, anteriormente y en la cápsula de la articulación de la rodilla a través del ligamento poplíteo oblicuo, el músculo semitendinoso, con origen en el surco inferomedial en la cara superior de la tuberosidad isquiática e inserción en la porción proximal de la cara medial de la tibia, y las dos cabezas del bíceps femoral, la cabeza larga, con origen en el surco inferomedial en la cara superior de la tuberosidad isquiática y, la cabeza corta, en el labio lateral de la línea áspera y línea supracondílea lateral, insertándose ambas en la cabeza del peroné, cóndilo lateral de la tibia y ligamento colateral peroneo. Todos estos músculos realizan movimientos de flexión de rodilla y rotación interna y externa con la rodilla en posición de flexión.



Imagen 1: músculos isquiotionales

Fuente: <https://www.pinterest.es/pin/37225134390510675/>

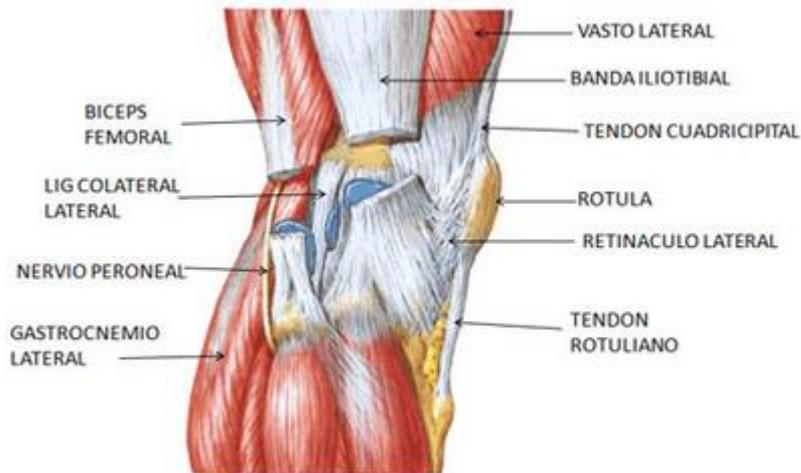


Imagen 2: inserción distal del músculo bíceps femoral

Fuente: <https://panoramadeportivo.cl/cuida-tus-rodillas/cintilla-iliotibial/>

En cuanto a lesiones producidas sobre esta musculatura, hay que prestar especial atención al bíceps femoral, ya que destaca como uno de los grupos musculares con mayor frecuencia de lesión por rotura muscular, con un valor promedio de 3,3 lesiones por equipo y temporada. En cuanto al grado de lesión, las de tipo I Y II son las más frecuentes en este grupo muscular. (Tabla 3)

Grado	Recto anterior	Bíceps femoral	Aductor mediano	Gemelo	Semitendinoso
I	19,0	18,8	12,7	17,6	13,8
I-II	33,4	25,8	19,0	69,5	26,0
II	42,3	29,3	28,0	20,7	24,5
III	54,0				

Tabla 3: días de baja para cada grupo muscular en función del grado de rotura muscular.  
Fuente: <https://www.apunts.org/en-pdf-X0213371712807012>

Una de las causas para que se produzca una buena movilidad y coordinación en los movimientos de la rodilla pasa por tener un buen equilibrio de la musculatura implicada en ella. Los isquiotibiales juegan un papel importante en la rodilla, por lo tanto, también guardan relación con el LCA. La función que desempeñan estos músculos es primordial para una buena práctica en el terreno de juego, por lo que deberemos prestar especial atención al buen estado de estos con el fin de detectar la aparición de posibles problemas asociados a esta musculatura.

La mayoría de las lesiones del LCA son de origen sin contacto, esto quiere decir que no se producen por el impacto de la rodilla sobre otro jugador u objeto, si no que están implicadas diferentes acciones que se dan en el campo como son cambios de dirección, maniobras de desaceleración, aterrizajes tras un salto cerca o sobre la extensión completa y, pivotar con la rodilla en extensión casi completa y el pie clavado en el terreno de juego. Dentro de estas acciones, la más común y por lo tanto el principal mecanismo lesional del LCA son las desaceleraciones, que van acompañadas de una extensión interna de la rodilla y una rotación en movimiento del valgo con el peso del cuerpo desplazado sobre la pierna lesionada, manteniendo el pie fijo sobre el terreno de juego. Este mecanismo lesional puede estar relacionado a una falta de fuerza de la musculatura isquiotibial, y más en concreto, del bíceps femoral, ya que es el músculo que mayor porcentaje de rotura tiene en las lesiones musculares de los isquiosurales con un 26,5% del total de roturas en una temporada (Tabla 4).

**Tabla 2** Número de lesiones y días de baja expuestos en valores totales y promedio por equipo a lo largo de la temporada

Localización	Total			Por equipo		Promedio lesión
	n	% del total	Días de baja	n	Días de baja	
Bíceps femoral	88	26,5%	1.852	3,3	68,6	21,0
Recto anterior cuádriceps	81	24,4%	2.068	3,0	76,6	25,5
Aductor mediano	58	17,5%	836	2,1	31,0	14,4
Gemelo	25	7,5%	552	0,9	20,4	22,1
Sóleo	19	5,7%	488	0,7	18,1	25,7
Semitendinoso	19	5,7%	308	0,7	11,4	16,2
Semimembranoso	5	1,5%	235	0,2	8,7	47,0
Aductor mayor	5	1,5%	118	0,2	4,4	23,6
Vasto interno cuádriceps	5	1,5%	119	0,2	4,4	23,8
Vasto externo cuádriceps	4	1,2%	122	0,1	4,5	30,5
Glúteo	3	0,9%	39	0,1	1,4	13,0
Oblicuo externo	3	0,9%	30	0,1	1,1	10,0
Sartorio	3	0,9%	18	0,1	0,7	6,0
Obturador	3	0,9%	13	0,1	0,5	4,3
Recto anterior del abdomen	2	0,6%	32	0,1	1,2	16,0
Tensor de la fascia lata	2	0,6%	11	0,1	0,4	5,5
Psoas	2	0,6%	7	0,1	0,3	3,5
Flexor lago primer dedo	1	0,3%	22	0,0	0,8	22,0
Oblicuo interno	1	0,3%	11	0,0	0,4	11,0
Recto interno o grácil	1	0,3%	10	0,0	0,4	10,0
Peroneos	1	0,3%	5	0,0	0,2	5,0
Bíceps braquial	1	0,3%	3	0,0	0,1	3,0
Total	332	100%	6.899	12,1	255,6	16,3

Días de baja promedio por rotura muscular para cada grupo de esta tipología.

Tabla 4: número de lesiones y días de baja expuestos en valores totales y promedio por equipo a lo largo de la temporada. Fuente: <https://www.apunts.org/en-pdf-X0213371712807012>

Por otro lado, podemos diferenciar entre factores de origen extrínseco y origen intrínseco. Los posibles factores extrínsecos en cuanto a lesión del LCA son el clima seco y la superficie, que se diferencia en césped artificial y césped natural. Entre los posibles factores intrínsecos encontramos: "laxitud generalizada y específica de la articulación de la rodilla, ancho de la muesca intercondílea pequeña y estrecha (relación del ancho de la muesca con el diámetro y el área de la sección transversal del LCA), disminución de la fuerza y reclutamiento relativo de los isquiotibiales (cuádriceps), fatiga muscular al alterar el control neuromuscular, disminución de la fuerza "Core" y de la propiocepción, bajos ángulos de flexión del tronco, la cadera y la rodilla, y alta dorsiflexión del tobillo cuando se realizan tareas deportivas, desplazamiento lateral del tronco y aducción de la cadera combinados con un aumento de los momentos de abducción de la rodilla (valgo dinámico de la rodilla), y una mayor rotación interna de la cadera y rotación externa tibial con o sin pronación del pie".

Todos estos factores nos ayudan a identificar los posibles riesgos de sufrir lesiones en el LCA. Deben tenerse muy en cuenta con el fin de poder prevenir futuras complicaciones y poder así mantener al futbolista en un estado óptimo de cara al desarrollo de la actividad.

Por otro lado, es de gran importancia establecer programas de prevención que nos ayuden a incidir sobre los factores de riesgo para así poder estudiar el efecto que estos tienen y, de esta forma, reducir el número de lesiones en los futbolistas. “Hasta la fecha no existe un programa de intervención estandarizado establecido para el fútbol con el objetivo de prevenir lesiones de ACL sin contacto”, pero los programas con componentes múltiples reflejan mejores resultados que programas preventivos de un solo componente. “Los ejercicios pliométricos de las extremidades inferiores, el equilibrio dinámico y la fuerza, el estiramiento, la conciencia corporal y la toma de decisiones, y el control específico del núcleo y el tronco parecen ser componentes de entrenamiento exitosos para reducir los factores de riesgo de lesiones por ACL sin contacto”.

A través del conocimiento sobre los beneficios de estos ejercicios se puede intervenir en la prevención de lesiones, comenzando desde la pretemporada y siguiendo con un plan de mantenimiento a lo largo de la temporada. Todo ello debe seguir una correcta planificación y un orden para poder medir y evaluar la efectividad de lo que estamos haciendo.

Lo que se propone en este trabajo es poder valorar la influencia que tiene la ganancia de fuerza a través del trabajo excéntrico de la musculatura isquiotibial y su relación con el LCA. Para el fortalecimiento se emplean los métodos de ejercicios nórdicos de isquiotibiales y los ejercicios iso-inerciales con polea cónica.

Como se ha mencionado anteriormente, un buen estado de la musculatura isquiotibial en futbolistas es primordial para el desarrollo de la actividad, ya que compromete a la estabilidad de la rodilla debido a su implicación en la acción flexora y en la posteriorización de la tibia. Por lo tanto, es necesario un estado óptimo de fortalecimiento en los isquiotibiales, ya que esto, aporta un buen equilibrio a la rodilla y va a favorecer el riesgo de poder prevenir, además de lesiones en la propia musculatura, lesiones en el LCA.

Los métodos empleados para la ganancia de fuerza serán a través del trabajo excéntrico, ambos dos está demostrado que cumplen con la función de fortalecer a la musculatura, por lo tanto, son métodos de trabajo positivos para lograr dicha función. “Se ha comprobado que la realización de ejercicio excéntrico de la musculatura isquiosural en comparación con ejercicio concéntrico, mejora tanto la fuerza de estos como el desequilibrio muscular entre agonista-antagonista con el cuádriceps (Mjølsnes, Arnason, Raastad & Bahr, 2004; Holcomb, Rubley, Lee & Guadagnoli, 2007), quedando de manifiesto la obligación de incluir este tipo de estímulos para prevenir lesiones en dicha musculatura.”

El ejercicio nórdico de isquiotibiales es uno de los más usados y estudiados hoy en día, consiste en mantenerse de rodillas en la posición inicial con alguien o algo que nos sujete a la altura de los tobillos, posteriormente en el desarrollo del ejercicio, se deja caer el cuerpo hacia delante lentamente y de forma controlada, manteniendo la neutralidad de la cadera. Una vez que la persona ha alcanzado un nivel próximo al suelo, vuelve a la posición inicial ayudándose de la fuerza concéntrica de los isquiotibiales o con ayuda de las manos. Al realizar este ejercicio se ha observado que “el NHE reduce el número de lesiones (Arnason, 2008; Gabbett, 2000, Brooks, Fuller & Reddin; 2006), y produce mejoras en fuerza muscular y salto vertical (Tansel, Salci, Yildirim, Kocak, & Korkusuz, 2008; Clark, Bryant, Culgan, & Hartley, 2005)”. (Imagen 4)

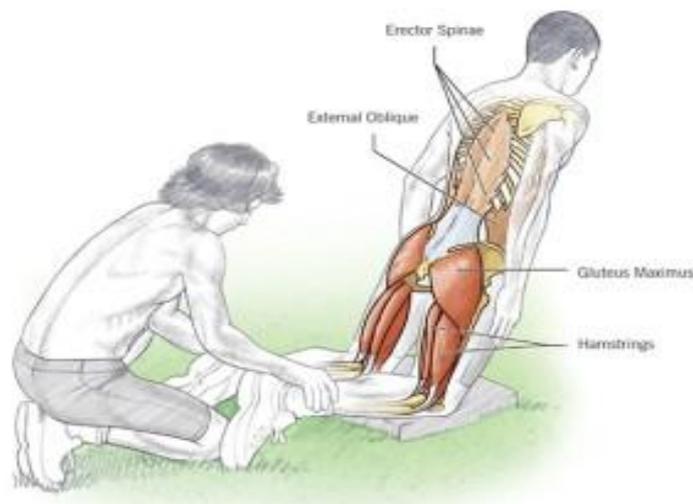


Imagen 4: ejercicio nórdico de isquiotibiales. Fuente: <https://us.humankinetics.com/blogs/excerpt/this-exercise-could-save-your-acl-the-nordic-hamstring-curl>

Por otro lado, observamos que este ejercicio tiene ciertas consideraciones a tener en cuenta. La primera de ellas es que es un ejercicio con una activación de la musculatura isquiosural inferior y menos específica para la cabeza larga del bíceps femoral en comparación con otros ejercicios. También podemos destacar que la mayoría de las personas, debido a la alta intensidad de este ejercicio, son incapaces de realizarlo adecuadamente, ya que no son capaces de controlar la bajada de forma lenta y controlada durante todo el recorrido, dejándose caer aproximadamente a unos 45° de inclinación. Esto conlleva una menor activación de la musculatura isquiosural y menor especificidad, ya que solo se trabaja en rangos de movimientos parciales en los que no se suelen producir las lesiones musculares de los isquiosurales, provocando que el torque pico se desplace hacia un ángulo de flexión de rodilla menor y a su vez aumente el riesgo de lesión. (Naclerio & Goss-Sampson, 2013).

El ejercicio iso-inercial empleado se basa en el método Yo-Yo. Consiste en tirar, empujar o rizar la correa que está anclada a un brazo de palanca giratorio del aparato, el cual contiene un accesorio de manija o un arnés usado por el aprendiz que inicia la rotación del eje fijo que contiene el volante o los volantes. La inercia está determinada por la masa, la configuración/ perfil y el diámetro de la(s) rueda(s). Una vez que la correa está totalmente desenrollada del eje, la energía impartida y almacenada en el sistema tira de la correa hacia el eje, ya que el sujeto aspira a resistir esta acción, deteniendo el volante y completando así un ciclo. Este método de ejercicio único asegura una resistencia acomodada, que el esfuerzo sea la carga muscular máxima y óptima en cualquier ángulo articular a través de toda la acción concéntrica y, la posterior acción excéntrica que debe absorber la energía almacenada en los volantes. Debido a la ausencia de fuerza de fricción que caracteriza a cualquier sistema yo-yo, la energía para fases concéntricas y excéntricas será casi idéntica. Sin embargo, al retrasar y, por tanto, realizar la acción de ruptura en una ventana muy estrecha, el tiempo para disipar la energía cinética producida se condensa, dando como resultado una mayor fuerza y potencia excéntrica (energía/tiempo). Por lo tanto, se ofrece una “sobrecarga” excéntrica al retrasar estratégicamente e intencionadamente el inicio de la acción de ruptura.

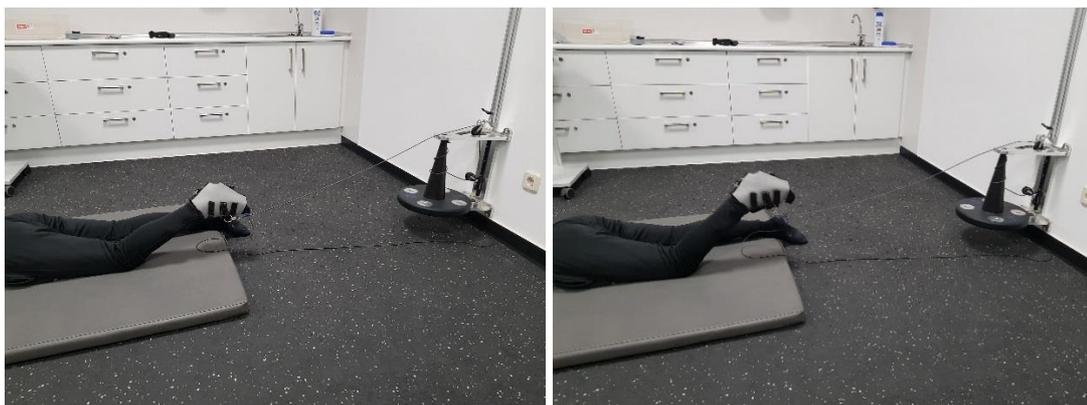


Imágenes 5 y 6: máquina de polea cónica iso-inercial.

Fuente: elaboración propia

Como beneficios del entrenamiento físico en individuos sanos y atletas a través del método Yo-yo, podemos decir que los cambios arquitectónicos musculares producidos pueden contribuir a la aparición temprana de una mayor capacidad de producción de fuerza. “De manera similar al ejercicio de resistencia al peso, los aumentos de fuerza y potencia después del entrenamiento de ejercicio crónico YoYo™ se acompañan de marcadas adaptaciones neuronales evidentes por una mayor actividad EMG máxima (Seynnes et al., 2007; Norrbrand et al., 2010). Este efecto es más obvio para acciones excéntricas y mayor con YoYo™ que con el ejercicio con pesas (Norrbrand et al., 2008, 2010)”.

En este estudio se utiliza el dispositivo iso-inercial a través del método Yo-yo en jugadores de futbol realizando el ejercicio de Leg Curl o flexión de rodilla. Inicialmente se debe poner una bota en el pie del futbolista donde irá enganchada la cuerda de la polea. A continuación, se le pedirá al futbolista que se coloque en decúbito prono sobre el suelo o terreno de juego para que el fisioterapeuta pueda enganchar la cuerda de la polea a la bota mencionada anteriormente. Una vez enganchada, se regulará para que la distancia entre la polea y el pie del futbolista sea la adecuada y permita que la cuerda quede con cierto grado de tensión. Por último, se deberán hacer repeticiones del ejercicio, que consiste en una flexión de rodilla seguido de una extensión, siempre de manera controlada en ambas direcciones con el objetivo de que el futbolista se familiarice con la máquina y aprenda a realizarlo de forma correcta. Mientras tanto, el fisioterapeuta debe controlar que la acción se esté realizando de manera adecuada y controlada dándole el feedback necesario al futbolista.





Imágenes 7,8,9 y 10: realización del ejercicio leg curl con polea cónica iso-inercial.

Fuente: elaboración propia.

Estudios realizados demuestran que el ejercicio iso-inercial con YoYo presenta beneficios positivos sobre los atletas, entre los que se encuentran los futbolistas. Un estudio realizado sobre estos deportistas nos dice que, “utilizando la configuración YoYo™ Leg Curl dirigida al grupo de músculos isquiotibiales, los futbolistas profesionales mostraron una mejor fuerza, potencia vertical y velocidad horizontal después de 10 semanas (1–2 veces por semana) de entrenamiento en comparación con sus compañeros jugadores que mantuvieron la fuerza y la potencia normales tras rutinas de entrenamiento normales (Askling et al., 2003)”. En cuanto a la rehabilitación de lesiones sobre futbolistas, otro estudio realizado nos dice que “La eficacia del ejercicio YoYo™ para prevenir lesiones en los isquiotibiales se examinó en 30 jugadores de fútbol de la primera liga sueca (Askling et al., 2003). Mientras que la mitad de los jugadores, además de sus rutinas de entrenamiento de pretemporada prescritas, realizaron ejercicios de isquiotibiales durante 10 semanas con el YoYo™ Leg Curl, los otros jugadores no lo hicieron. En el transcurso de la temporada competitiva, la aparición de lesiones por tensión en los isquiotibiales fue significativamente menor en el grupo de entrenamiento (3/15) que en los jugadores que no recibieron este tratamiento (10/15)”.

Para poder medir la fuerza sobre la musculatura isquiosural se va a utilizar un sistema dinamométrico ya que, hasta el día de hoy, es una de las herramientas más fiables para obtener medidas de fuerza. Se trata de un equipo que a través de un dinamómetro es capaz de registrar aspectos de la fuerza como la velocidad, la potencia, el trabajo y el rango de movilidad articular sobre un músculo o grupo muscular durante el desarrollo del movimiento. Los tipos de movimiento que se pueden evaluar son el movimiento isocinético, isotónico/anisométrico e isométrico. El trabajo de valoración puede ser concéntrico o excéntrico, y los datos obtenidos en velocidades de grados por segundo.

En relación a los datos que se pueden obtener, destacar el momento de fuerza máximo que tiene lugar durante el movimiento o, lo que es lo mismo, el pico de par o momento máximo ejercido por el paciente en un ángulo determinado por un grupo muscular que tiene una longitud de brazo de palanca determinado para ese movimiento, también se puede obtener el trabajo máximo, es decir, la fuerza ejercida que permite el desplazamiento de un objeto, en nuestro caso una carga sobre un segmento, y por último, la potencia ejercida por un grupo muscular a la hora de ejecutar un movimiento o bien la velocidad con la que tiene lugar un trabajo muscular.



Imagen 11: dinamómetro BTE Primus RS.

Fuente: <https://www.btetechnologies.com/rehabilitation/primus/>

Otra de las mediciones que vamos a llevar a cabo en el estudio es aquella relacionada con el grado de activación que presenta el músculo bíceps femoral al realizar ambos ejercicios excéntricos. Para ello el instrumento biomecánico que vamos a utilizar será la electromiografía de superficie (EMGs). Este aparato nos va a permitir registrar mediante señales eléctricas, la diferencia de potencial originada de la despolarización de las membranas musculares. Para ello, los electrodos de superficie, ya que no se trata de un proceso invasivo, nos van a proporcionar en microvoltios el tono que presenta el paciente, además de la fatigabilidad y el reclutamiento muscular, en este caso del bíceps femoral, en diferentes movimientos.



Imagen 12 y 13: equipo de EMGs FREEEMG de BTS.

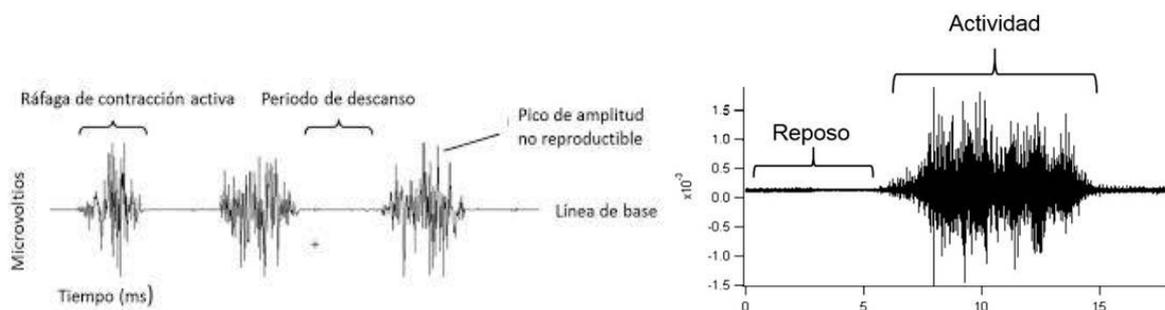
Fuente: <https://www.btsbioengineering.com/es/products/freeemg/>

Para llevar a cabo la prueba hay que tener varias consideraciones, entre las que destacan: una buena adhesividad de los electrodos a la piel, para ello es importante que esté limpia de impurezas y al ser posible la zona depilada con el objetivo de que la resistencia sea menor y haya mejor conductividad. Seguir los protocolos de colocación según las características de los transductores, hay que tener en cuenta la relación entre el músculo y el tamaño del electrodo, la colocación, que deberá ser sobre el vientre muscular (entre la unión miotendinosa y el punto motor) y a la misma distancia en ambos miembros. En cada músculo debe haber dos electrodos con una separación entre ambos menor a dos centímetros. Es aconsejable colocar los electrodos diez minutos antes de la prueba para una correcta adhesión.



Imagen 14: colocación de electrodos. Fuente: elaboración propia

Por último, una vez registrada la actividad muscular, que en este caso corresponde a la del bíceps femoral, nos saldrá en la pantalla una señal en bruto, la cual tendremos que modificar convirtiéndola en una señal integral. Para ello aplicaremos un filtro eliminando las amplitudes de alta y baja frecuencia, realizaremos una rectificación de la señal fuera del espectro normal y, por último, realizaremos la RMS. Una vez dispongamos de la señal modificada inicialmente, podremos conocer el reclutamiento máximo de fibras musculares (RMS), cuando aparece la contracción y, apreciar la fatiga dentro de un grupo muscular.



Imágenes 15 y 16: señales registradas con la electromiografía de superficie Fuente: elaboración propia

Por todo lo expuesto anteriormente, queda justificado la realización de este estudio en el que se pretende, a través de dos métodos de trabajo excéntrico como son el ejercicio nórdico de isquiotibiales (NHE) y el ejercicio iso-inercial con polea cónica, aumentar la fuerza en la musculatura isquiotibial, comparando cuál de los dos resulta más efectivo para la consecución del objetivo y, a su vez, poder relacionarlo con posibles patologías del LCA en el ámbito futbolístico. Ambos ejercicios van a ser medidos biomecánicamente a través de un dinamómetro para poder cuantificar la fuerza de la musculatura isquiosural y, a través de la electromiografía para poder recabar información sobre la activación muscular que presenta el músculo bíceps femoral, ya que es el músculo que mayor frecuencia de lesión tiene dentro de los músculos isquiotibiales en futbolistas.

## 2. Evaluación de la evidencia

Para poner de manifiesto la evidencia científica en este trabajo, se ha llevado a cabo una búsqueda bibliográfica en las bases de datos MEDLINE a través de (Pubmed) y GOOGLE ACADÉMICO.

Las palabras clave utilizadas guardan relación con la pregunta de investigación PICO. Son las siguientes: Physical Therapy, Soccer, Hamstring, Eccentric, Strength, Iso-inertial, Nordic Hamstring exercise, ACL injury.

Términos empleados: tras búsqueda de tesauros en DeCS y términos libres

Nº	Término Libre (español)	Términos DeCS	Término libre (inglés)
1	Fisioterapia		Physical Therapy (Mesh)
2		Fútbol	Soccer
3	Isquiotibiales		Hamstring
4	Excéntrico		Eccentric
5		Fuerza	Strength
6	Iso-inercial		Iso-inertial
7	Ejercicio nórdico de isquiotibiales		Nordic Hamstring exercise
8	Lesión LCA		ACL injury

Tabla 5: términos empleados en la búsqueda (elaboración propia)

A continuación, se emplea una combinación de los términos expuestos anteriormente realizando una estrategia de búsqueda en la base de datos PubMed. Los filtros que se aplican en la búsqueda son artículos de los últimos cinco años, en humanos, en hombres y en adultos con una edad comprendida desde los 19 a los 44 años. De los 81 artículos encontrados, se utilizaron 43 de ellos.

Además de los artículos empleados de la búsqueda sistemática, también se realizaron búsquedas manuales de donde se incorporaron cinco artículos más.

El número total de artículos empleados ha sido de 48. N=48

Estrategias de búsquedas empleadas Pubmed:

Estrategia de búsqueda	N.º de artículos encontrados	N.º de artículos descartados	N.º de artículo empleados/válidos
Soccer AND Nordic Hamstring Exercise	13	6	7
Soccer AND Hamstring AND Eccentric	27	8	19
Iso-Inertial AND Strength AND Eccentric	7	4	3
Nordic Hamstring exercise AND Eccentric AND Strength	21	13	8
Hamstring AND Soccer AND ACL injury	13	7	6
	Total=81	Total=38	Total=43

Tabla 6: estrategias de búsquedas en Pubmed (elaboración propia)

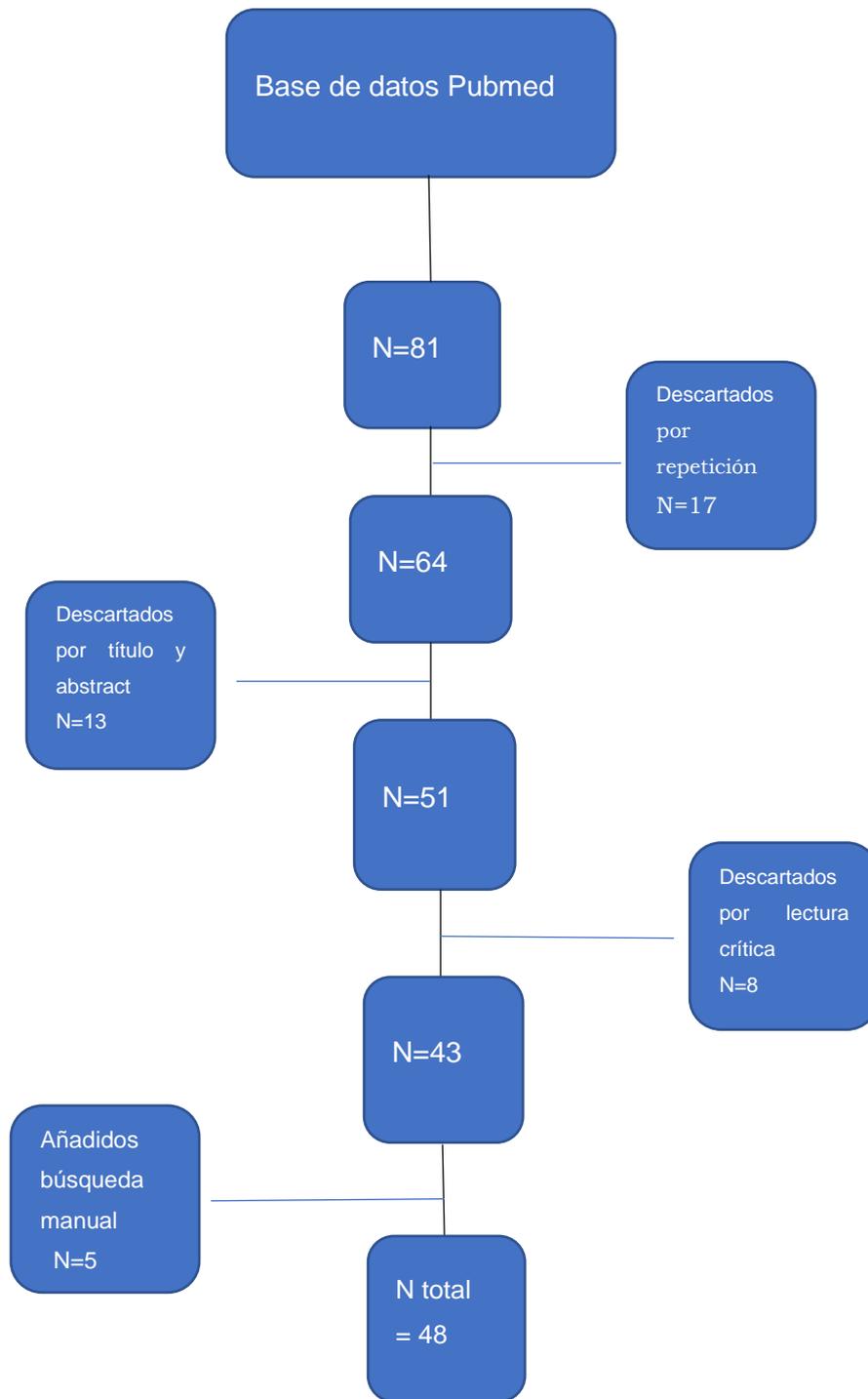


Tabla 7: diagrama de flujo (elaboración propia)

### **3. Objetivos del estudio**

Objetivo General: valorar la influencia del ejercicio excéntrico nórdico (NHE) frente al iso-inercial en el aumento de fuerza de la musculatura isquiotibial en jugadores de fútbol.

Objetivos específicos:

- Valorar la influencia de la edad como factor diferencial en el aumento de fuerza de la musculatura isquiotibial en jugadores de fútbol.

- Comparar la influencia sobre la activación muscular del bíceps femoral durante ambos ejercicios excéntricos en jugadores de fútbol.

## **4. Hipótesis**

El trabajo excéntrico iso-inercial consigue un mayor aumento de la fuerza de la musculatura isquiotibial y una mayor activación muscular que el ejercicio nórdico de isquiotibiales en futbolistas.

## **5. Metodología**

### **5.1 Diseño**

Se diseña un estudio analítico experimental prospectivo con relación a dos grupos de estudio. Entre ellos se va a realizar una comparación de medias de muestras no relacionadas. El primer grupo realizará el ejercicio nórdico de isquiotibiales incluido dentro de la rutina normal de entrenamiento, mientras que el segundo realizará el ejercicio iso-inercial dentro también de su rutina normal de entrenamiento. A ambos grupos se les medirá la fuerza de la musculatura isquiotibial con el dinamómetro BTE Primus RS y la activación muscular con el equipo de EMGs FREEEMG de BTS.

Los sujetos serán distribuidos de manera aleatoria a ambos grupos a través de la generación de números aleatorios de la aplicación Microsoft Excel®. Los sujetos con número par serán incluidos en el grupo A y los sujetos con número impar en el grupo B.

En este estudio no se podrá cegar ni a los fisioterapeutas ni a los sujetos ya que los primeros deben conocer la técnica adecuada para la ejecución de los ejercicios y los segundos serán conscientes de la tarea que están realizando con respecto a sus compañeros del otro grupo. Además, a todos los sujetos se les deberá suministrar una hoja con el consentimiento informado (Anexo 3), explicándoles en todo momento en que consiste el estudio y la tarea que van a tener que realizar. El estadístico será la única persona que no conocerá a que grupo pertenece cada uno de los sujetos a evaluar.

“Con el fin de preservar el anonimato de los sujetos y de limitar el acceso a los datos de los miembros del equipo investigador, tal como expone la Ley Orgánica 3/2018 de 5 de diciembre, de protección de datos personales y garantía de los derechos digitales, se dispondrá de dos bases de datos anonimizadas, una con los datos personales (Anexo 4) y otra únicamente con los datos de investigación y número de identificación. (Anexo 5).

Además, se solicitará la aprobación del Comité Ético de Investigación Clínica (CEIC) encargado de aprobar aquellos aspectos éticos relevantes para llevar a cabo la realización del trabajo de investigación con personas y velar por el cumplimiento de sus derechos (Anexo 2). Como hemos mencionado anteriormente todos los sujetos serán informados previamente del procedimiento a realizar en el estudio para poder llevar a cabo la investigación.

## 5.2 Sujetos de estudio

-Población diana: jugadores de fútbol federados de edad joven-adulta entre los 19 y los 44 años.

-Población de estudio: jugadores de fútbol federados de edad joven-adulta entre los 19 y los 44 años que cumplan con los criterios de inclusión.

-Criterios de inclusión: los sujetos del estudio deberán reunir las siguientes características para poder entrar en él:

1. Jugadores de fútbol federados con edades comprendidas entre los 19 y los 44 años.
2. Deben practicar el deporte al menos tres días por semana.
3. Deben practicar el deporte sobre hierba natural o artificial.

-Criterios de exclusión: las características que impiden formar parte del estudio serán las siguientes:

1. Jugadores con lesión previa desde hace menos de un año en la musculatura del muslo.
2. Jugadores con lesión previa desde hace menos de un año del LCA.
3. Cualquier tipo de actividad física o cognitiva que impida al sujeto poder llevar a cabo el ejercicio.

-Muestra y determinación del tamaño muestral:

Para poder calcular el tamaño muestral se empleará la fórmula:

$$n = 2K * (SD) / d$$

Donde:

- K es la constante que se obtiene de la tabla realizada más abajo
- SD es la desviación típica
- d es la precisión

	Nivel de significación ( $\alpha$ )		
<b>Poder estadístico (1-<math>\beta</math>)</b>	5%	1%	0,10%
80%	7.8	11.7	17.1
90%	10.5	14.9	20.9
A	13	17.8	24.3
99%	18.4	24.1	31.6

Tabla 8: relación entre el poder estadístico y el nivel de significación (elaboración propia)

Con el objetivo de obtener el resultado del cálculo muestral se obtendrán los datos de la fórmula a través del artículo “MRI-Based Regional Muscle Use during Hamstring Strengthening Exercises in Elite Soccer Players” relacionados con los valores de las variables dependientes fuerza y activación muscular. Los valores obtenidos para realizar la fórmula han sido para la SD = 6 y para la d = 3,4.

Una vez tenemos los valores mencionados anteriormente procedemos a realizar la ecuación, que quedará de la siguiente manera:

$$n = 2(13) * 6 / 3,4 = 80,96 = 81$$

Tras los cálculos realizados, el resultado obtenido para el valor “n” ha sido de 80,96, que redondeado sale un total de 81, n=81. A dicha muestra se le deberá estimar un 15% correspondiente a las posibles pérdidas de sujetos en el estudio con el objetivo de que estas no afecten al mismo. Por lo tanto, el resultado será de 93 sujetos por cada grupo, haciendo un total de 186 sujetos participantes en el total del estudio.

### 5.3 Variables

Variable	Tipo de variable	Unidad de medida	Herramienta de medición
Momento de Fuerza	Dependiente, Cuantitativa, Continua.	Newton/metro (N/m)	Dinamómetro
Activación muscular	Dependiente, Cuantitativa, Continua	Microvoltios	EMGs
Edad	Independiente, Cuantitativa, Policotómica	a) 19-28 años b) 29-34 años c) 35-44+ años	
Tipo de ejercicio	Independiente, Cualitativa, Dicotómica		0= nórdico 1= iso-inercial
Momento de la medición	Independiente, Cualitativa, Dicotómica		0= pretratamiento 1= postratamiento

Tabla 9: variables (elaboración propia)

## 5.4 Hipótesis operativa

### Fuerza

- a) Hipótesis nula (H0): el ejercicio excéntrico iso-inercial de isquiotibiales no produce diferencias estadísticamente significativas en la ganancia de fuerza sobre esta musculatura en jugadores de fútbol respecto al ejercicio excéntrico nórdico.
- b) Hipótesis alternativa (H1): el ejercicio excéntrico iso-inercial de isquiotibiales produce diferencias estadísticamente significativas en la ganancia de fuerza sobre esta musculatura en jugadores de fútbol respecto al ejercicio excéntrico nórdico.

### Activación muscular

- a) Hipótesis nula (H0): el ejercicio excéntrico de isquiotibiales iso-inercial no produce diferencias estadísticamente significativas en la mayor activación muscular del bíceps femoral respecto al ejercicio excéntrico nórdico en jugadores de fútbol.
- b) Hipótesis alternativa (H1): el ejercicio excéntrico de isquiotibiales iso-inercial produce diferencias estadísticamente significativas en la mayor activación muscular del bíceps femoral respecto al ejercicio excéntrico nórdico en jugadores de fútbol.

### Edad

- a) Hipótesis nula (H0): no existen diferencias estadísticamente significativas de la edad como factor diferencial en el aumento de fuerza de la musculatura isquiotibial en jugadores de fútbol.
- b) Hipótesis alternativa (H1): existen diferencias estadísticamente significativas de la edad como factor diferencial en el aumento de fuerza de la musculatura isquiotibial en jugadores de fútbol.

## 5.5 Recogida, análisis de datos, contraste de la hipótesis

Los datos de los sujetos serán recogidos durante la primera entrevista por el investigador principal. En ella, se les pedirá que rellenen y firmen las hojas con sus datos personales y el consentimiento informado (Anexo 3). Estas hojas irán marcadas con un número para identificar a los sujetos y poder preservar el anonimato. Los datos de la dinamometría y la EMGs serán recogidos por el investigador principal y el equipo de fisioterapeutas colaboradores durante la primera medición.

Una vez obtenido todos los datos, se introducirán en el programa Microsoft Excel® para ser analizados por el experto analista a través del programa estadístico SPSS® de IBM con la versión actualizada 2019.

Dentro del análisis estadístico podemos encontrar dos fases:

-Análisis descriptivo: en él se analizan los datos que guardan relación con las variables del estudio. Las variables a tener en cuenta serán, la media, la desviación típica y el coeficiente de variación.

-Análisis inferencial: en él se lleva a cabo el contraste de hipótesis bilateral de las posibles diferencias que presenta cada variable dependiente entre la medición pre y la medición post. En cada grupo se realizará la diferencia entre las medias resultantes de la medición pretratamiento y postratamiento de cada variable dependiente para así, poder obtener la variable diferencia y realizar la respectiva comparación de las medias de muestras no relacionadas a través de la comparación entre ambos grupos de la variable diferencia de cada variable.

Para ello, se realizará la prueba de Kolmogorov-Smirnov con el objetivo de determinar el comportamiento de la muestra y ver si se encuentra dentro de los rangos de normalidad de las variables. Por otro lado, se realizará el test de Levene de homogeneidad de varianzas para comprobar la homogeneidad de la muestra.

-Si con ambas pruebas obtenemos que  $p > 0,05$ , será indicativo de que se cumple el principio de normalidad por lo que utilizaremos el test paramétrico T-Student para muestras independientes.

-Si con ambas pruebas obtenemos que  $p < 0,05$ , no se cumplirá el principio de normalidad ni homogeneidad en la varianza de los grupos de estudio y tendremos que utilizar el test no paramétrico U de Maan Whitney para muestras independientes.

Atendiendo al valor que determina p en las pruebas anteriores:

-Si  $p > 0,05$  podemos afirmar que no se aprecian diferencias estadísticamente significativas debido a que los resultados de las mediciones pre y postratamiento pueden deberse al azar y por lo tanto no se podrá rechazar la hipótesis nula.

-Si  $p < 0,05$  se apreciarán diferencias estadísticamente significativas entre las mediciones pre y postratamiento pudiendo rechazar la hipótesis nula.

## **5.6 Equipo investigador**

El equipo investigador constará de:

- El investigador principal: David Arribas Calvo, fisioterapeuta graduado en la Universidad Pontificia de Comillas.
- Un equipo formado por seis fisioterapeutas con máster o expertos en deportiva y biomecánica instrumental.
- Un experto analista para llevar a cabo el análisis de los resultados durante el estudio.

## **6. Plan de trabajo**

### **6.1 Diseño de la intervención**

En primer lugar, se realiza el diseño del proyecto que se va a querer llevar a cabo y su correspondiente redacción.

Para poder comenzar con el proyecto, el Comité de Investigación Clínica deberá darnos su aprobación.

Una vez aprobado, el investigador principal formará el equipo multidisciplinar. En este caso, el equipo estará formado por el propio investigador principal, un grupo de seis fisioterapeutas con máster o expertos en deportiva y biomecánica instrumental y un experto analista. A todos ellos se les reunirá para explicarles en que consiste el proyecto a realizar y la labor que van a tener que desempeñar en él.

El siguiente paso sería el de contactar con las federaciones madrileña (RFFM) y española de fútbol (RFEF) para que nos puedan proporcionar aquellos equipos interesados en la realización del estudio y el uso de sus instalaciones.

Una vez tengamos los equipos que han aceptado participar, se les reunirá en la ciudad del fútbol de la Rozas para poder realizar las entrevistas a los sujetos y aplicar los criterios de inclusión y exclusión. Aquellos que cumplan con los criterios de inclusión se les proporcionará la hoja del consentimiento informado, la cual deberán firmar junto con la hoja de los datos personales. Cuando se haya completado esta fase y se disponga de todos los documentos correspondientes, se procederá a la numeración de los sujetos para anonimizarlos. Por último, esta numeración será introducida en el programa informático Microsoft Excel® con el objetivo de aleatorizarlos, asignando los números pares al grupo A y los números impares al grupo B.

Recopilada toda la información necesaria dicha anteriormente, se deberá planificar los días en que se va a realizar la primera medición con los equipos y sujetos que van a participar y el plan de trabajo que se va a seguir.

La fuerza y la activación muscular serán medidas con el dinamómetro y con el equipo de EMGs respectivamente al comienzo del mes de enero y posteriormente en el mes de mayo, tras tres meses realizando los ejercicios excéntricos de isquiotibiales.

Para realizar las medidas, el sujeto se tendrá que poner sobre una camilla en posición de decúbito prono ya que, al colocarle los electrodos, estos no estarán en contacto con ninguna superficie, evitando posibles falsificaciones de los resultados. Los electrodos serán colocados bilateralmente sobre la línea media del vientre del músculo bíceps femoral diez minutos antes de comenzar la prueba a una distancia menor de dos centímetros entre ambos. Previamente los sujetos deberán venir preparados con el muslo rasurado y limpio para que la señal se capte mejor.

En cuanto al dinamómetro, lo primero de todo será realizar su calibración, a continuación, en función de las recomendaciones dadas por el fabricante se utilizará la herramienta 701 junto con el bloque acolchado en la posición B, que se colocará con el cabezal en la posición número 5. Una vez introducidos estos parámetros, se ajustará la camilla y el cabezal para que el eje del dinamómetro coincida con el cóndilo femoral externo/lateral y se comenzará a realizar la prueba.

La prueba consiste en realizar una contracción isométrica a un ángulo de 45° de flexión de rodilla ya que es en este rango donde mayor fuerza va a desarrollar la musculatura flexo-extensora su fuerza máxima. Se realizarán tres series de seis segundos de contracción y doce segundos de descanso entre ellas, ya que al ser un ejercicio isométrico debe haber el doble de tiempo de reposo tras la contracción (6 segundos contracción - 12 segundos relajación). Una vez tengamos los datos de las tres contracciones isométricas, se realizará la media de las tres para obtener el resultado definitivo de la fuerza que presenta el sujeto. Además, por otro lado, también tendremos los datos de activación muscular del bíceps femoral medido con la EMGs tras las tres contracciones. Para ello, esas señales obtenidas tendremos que modificarlas en el ordenador pasando la señal en bruto a una señal integral, luego pasaremos un filtro eliminando las amplitudes de alta y baja frecuencia, rectificaremos la señal fuera del espectro normal y por último realizaremos la RMS.

Los datos obtenidos serán recopilados y asignados a cada sujeto en la base de datos a través del programa Microsoft Excel® por parte del experto analista.

Los ejercicios excéntricos se realizarán una vez a la semana tras haber realizado un calentamiento previo dentro de su rutina habitual de entrenamiento al comenzar la sesión. Los sujetos deberán realizar tres series de diez repeticiones por cada pierna en el caso de realizar el ejercicio iso-inercial y las mismas, pero bilateralmente, en el caso del ejercicio nórdico. Los fisioterapeutas serán los encargados de asegurarse de que los ejercicios se realizan de forma correcta.

Tras los tres meses realizando los ejercicios excéntricos, los sujetos volverán a ser medidos en el mes de mayo de la misma forma y con los mismos procedimientos que se emplearon en la primera medición realizada en enero.

Finalmente se recopilarán todos los datos obtenidos de los sujetos, se le facilitarán al experto analista para que realice un análisis estadístico de los resultados y se redactarán las conclusiones del estudio con su posterior discusión.

## 6.2 Etapas de desarrollo

TAREAS	FECHAS DE DESARROLLO
Diseño y redacción del proyecto	octubre 2018 a mayo 2019 (7 meses)
Aprobación por parte del CEIC del proyecto	febrero 2019 a mayo 2019 (3 meses)
Selección, reunión y asignación de tareas del equipo investigador	junio 2019-agosto2019 (3 meses)
Contacto con la federación española y madrileña de fútbol (RFEF y RFFM)	septiembre 2019-octubre 2019 (2 meses)
Selección de la muestra y primera entrevista para la recogida de datos	noviembre 2019-diciembre 2019 (2 meses)
Primera medición	enero 2020 (1 mes)
Segunda medición	mayo 2020 (1 mes)
Recogida de datos y análisis	junio 2020 (1 mes)
Redacción y conclusiones	julio 2020 (1 mes)

Tabla 10: etapas de desarrollo (elaboración propia)

## 6.3 Distribución de tareas de todo el equipo investigador

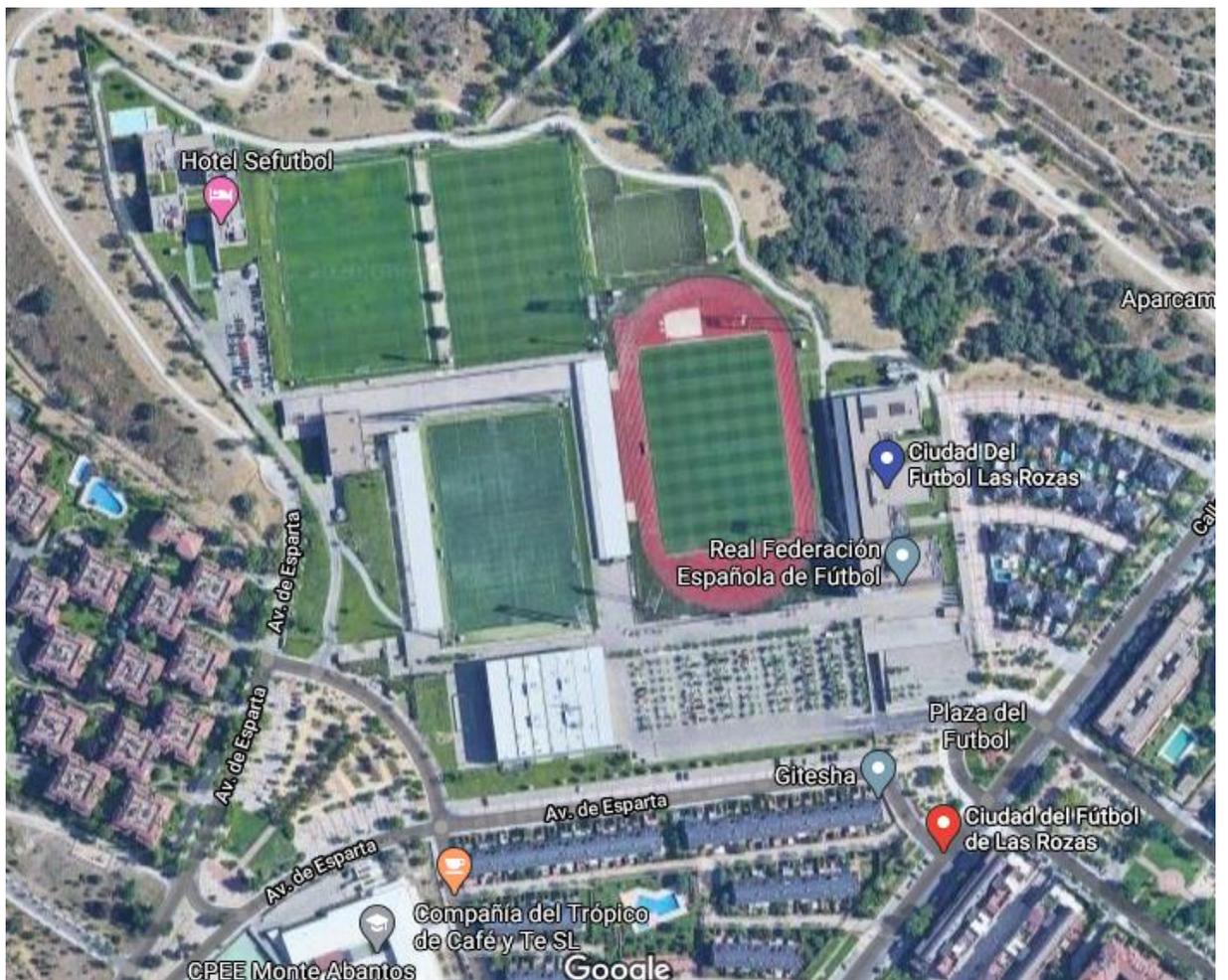
-El investigador principal se encargará del diseño del proyecto, de formar al equipo multidisciplinar, de ponerse en contacto con las federaciones, de reclutar a los sujetos del estudio, de explicar y aclarar dudas tanto al equipo investigador como a los sujetos, de entregar el material necesario para llevarlo a cabo y de los trámites legales. Además, será el encargado de la supervisión y coordinación de todo el proyecto.

-El equipo formado por seis fisioterapeutas se repartirá en tres grupos de dos, pudiendo estar dos de ellos con un equipo y los restantes con otros dos. Uno de ellos se encargará de los sujetos que van a realizar el ejercicio nórdico de isquiotibiales, mientras que el otro se encargará de los que van a realizar el ejercicio iso-inercial con polea cónica. La función de cada grupo de fisioterapeutas será la de explicar el ejercicio y comprobar que se están realizando de manera correcta.

-El experto analista tendrá la función de recopilar la información proporcionada por los fisioterapeutas, llevar a cabo el análisis y obtener conclusiones sobre el estudio.

## 6.5 Lugar de realización del proyecto

El proyecto se llevará a cabo en la ciudad del fútbol de las Rozas situada en la calle Severo Ochoa, 1, 28232 Las Rozas de Madrid, Madrid para realizar las mediciones. Los ejercicios serán llevados a cabo en las instalaciones de los clubes que participen en el estudio.



## 7. Listado de referencias

- (1) Mendez-Villanueva A, Suarez-Arrones L, Rodas G, Fernandez-Gonzalo R, Tesch P, Linnehan R, et al. MRI-Based Regional Muscle Use during Hamstring Strengthening Exercises in Elite Soccer Players. *PLoS ONE* 2016;11(9): e0161356.
- (2) Opar DA, Williams MD, Timmins RG, Hickey J, Duhig SJ, Shield AJ. Eccentric hamstring strength and hamstring injury risk in Australian footballers. *Med Sci Sports Exerc* 2015 Apr;47(4):857-865.
- (3) Cohen DD, Zhao B, Okwera B, Matthews MJ, Delextrat A. Angle-specific eccentric hamstring fatigue after simulated soccer. *Int J Sports Physiol Perform* 2015 Apr;10(3):325-331.
- (4) Ardern CL, Pizzari T, Wollin MR, Webster KE. Hamstrings strength imbalance in professional football (soccer) players in Australia. *J Strength Cond Res* 2015 Apr;29(4):997-1002.
- (5) Mendiguchia J, Martinez-Ruiz E, Morin JB, Samozino P, Edouard P, Alcaraz PE, et al. Effects of hamstring-emphasized neuromuscular training on strength and sprinting mechanics in football players. *Scand J Med Sci Sports* 2015 Dec;25(6):621.
- (6) Jones RI, Ryan B, Todd AI. Muscle fatigue induced by a soccer match-play simulation in amateur Black South African players. *J Sports Sci* 2015;33(12):1305-1311.
- (7) Lovell R, Siegler JC, Knox M, Brennan S, Marshall PWM. Acute neuromuscular and performance responses to Nordic hamstring exercises completed before or after football training. *J Sports Sci* 2016 Dec;34(24):2286-2294.
- (8) Shadle IB, Cacolice PA. Eccentric Exercises Reduce Hamstring Strains in Elite Adult Male Soccer Players: A Critically Appraised Topic. *J Sport Rehabil* 2017 Nov;26(6):573-577.
- (9) Lovell R, Knox M, Weston M, Siegler JC, Brennan S, Marshall PWM. Hamstring injury prevention in soccer: Before or after training? *Scand J Med Sci Sports* 2018 Feb;28(2):658-666.

- (10) Buchheit M, Cholley Y, Nagel M, Poulos N. The Effect of Body Mass on Eccentric Knee-Flexor Strength Assessed with an Instrumented Nordic Hamstring Device (Nordbord) in Football Players. *Int J Sports Physiol Perform* 2016 Sep;11(6):721-726.
- (11) van der Horst N, Smits D, Petersen J, Goedhart EA, Backx FJG. The preventive effect of the nordic hamstring exercise on hamstring injuries in amateur soccer players: a randomized controlled trial. *Am J Sports Med* 2015 Jun;43(6):1316-1323.
- (12) Ishøi L, Hölmich P, Aagaard P, Thorborg K, Bandholm T, Serner A. Effects of the Nordic Hamstring exercise on sprint capacity in male football players: a randomized controlled trial. *J Sports Sci* 2018 Jul;36(14):1663-1672.
- (13) van Dyk N, Bahr R, Burnett AF, Whiteley R, Bakken A, Mosler A, et al. A comprehensive strength testing protocol offers no clinical value in predicting risk of hamstring injury: a prospective cohort study of 413 professional football players. *Br J Sports Med* 2017 Dec;51(23):1695-1702.
- (14) Timmins RG, Bourne MN, Shield AJ, Williams MD, Lorenzen C, Opar DA. Short biceps femoris fascicles and eccentric knee flexor weakness increase the risk of hamstring injury in elite football (soccer): a prospective cohort study. *Br J Sports Med* 2016 Dec;50(24):1524-1535.
- (15) Van de Hoef S, Huisstede BMA, Brink MS, de Vries N, Goedhart EA, Backx FJG. The preventive effect of the bounding exercise programme on hamstring injuries in amateur soccer players: the design of a randomized controlled trial. *BMC Musculoskelet Disord* 2017 Aug 22, ;18(1):355.
- (16) Krommes K, Petersen J, Nielsen MB, Aagaard P, Hölmich P, Thorborg K. Sprint and jump performance in elite male soccer players following a 10-week Nordic Hamstring exercise Protocol: a randomised pilot study. *BMC Res Notes* 2017 Dec 04, ;10(1):669.
- (17) Rhodes D, McNaughton L, Greig M. The temporal pattern of recovery in eccentric hamstring strength post-soccer specific fatigue. *Res Sports Med* 2019 Jul-Sep;27(3):339-350.
- (18) 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 May;44(5):1276-1285.

- (19) Greig M. Concurrent changes in eccentric hamstring strength and knee joint kinematics induced by soccer-specific fatigue. *Phys Ther Sport* 2019 May; 37:21-26.
- (20) Norrbrand L, Pozzo M, Tesch PA. Flywheel resistance training calls for greater eccentric muscle activation than weight training. *Eur J Appl Physiol* 2010 Nov;110(5):997-1005.
- (21) Tesch PA, Fernandez-Gonzalo R, Lundberg TR. Clinical Applications of Iso-Inertial, Eccentric-Overload (YoYo™) Resistance Exercise. *Front Physiol* 2017; 8:241.
- (22) Maroto-Izquierdo S, García-López D, Fernandez-Gonzalo R, Moreira OC, González-Gallego J, de Paz JA. Skeletal muscle functional and structural adaptations after eccentric overload flywheel resistance training: a systematic review and meta-analysis. *J Sci Med Sport* 2017 Oct;20(10):943-951.
- (23) Maroto-Izquierdo S, Fernandez-Gonzalo R, Magdi HR, Manzano-Rodriguez S, González-Gallego J, De Paz JA. Comparison of the musculoskeletal effects of different iso-inertial resistance training modalities: Flywheel vs. electric-motor. *Eur J Sport Sci* 2019 Oct;19(9):1184-1194.
- (24) van der Horst N, Smits D, Petersen J, Goedhart EA, Backx FJG. The preventive effect of the nordic hamstring exercise on hamstring injuries in amateur soccer players: a randomized controlled trial. *Am J Sports Med* 2015 Jun;43(6):1316-1323.
- (25) Lovell R, Siegler JC, Knox M, Brennan S, Marshall PWM. Acute neuromuscular and performance responses to Nordic hamstring exercises completed before or after football training. *J Sports Sci* 2016 Dec;34(24):2286-2294.
- (26) Buchheit M, Cholley Y, Nagel M, Poulos N. The Effect of Body Mass on Eccentric Knee-Flexor Strength Assessed with an Instrumented Nordic Hamstring Device (Nordbord) in Football Players. *Int J Sports Physiol Perform* 2016 Sep;11(6):721-726.
- (27) Presland JD, Timmins RG, Bourne MN, Williams MD, Opar DA. The effect of Nordic hamstring exercise training volume on biceps femoris long head architectural adaptation. *Scand J Med Sci Sports* 2018 Jul;28(7):1775-1783.
- (28) Siddle J, Greig M, Weaver K, Page RM, Harper D, Brogden CM. Acute adaptations and subsequent preservation of strength and speed measures following a Nordic hamstring curl intervention: a randomised controlled trial. *J Sports Sci* 2019 Apr;37(8):911-920.

- (29) Pollard CW, Opar DA, Williams MD, Bourne MN, Timmins RG. Razor hamstring curl and Nordic hamstring exercise architectural adaptations: Impact of exercise selection and intensity. *Scand J Med Sci Sports* 2019 May;29(5):706-715.
- (30) Alonso-Fernandez D, Docampo-Blanco P, Martinez-Fernandez J. Changes in muscle architecture of biceps femoris induced by eccentric strength training with nordic hamstring exercise. *Scand J Med Sci Sports* 2018 Jan;28(1):88-94.
- (31) Ribeiro-Alvares JB, Marques VB, Vaz MA, Baroni BM. Four Weeks of Nordic Hamstring Exercise Reduce Muscle Injury Risk Factors in Young Adults. *J Strength Cond Res* 2018 May;32(5):1254-1262.
- (32) Alentorn-Geli E, Alvarez-Diaz P, Ramon S, Marin M, Steinbacher G, Boffa JJ, et al. Assessment of neuromuscular risk factors for anterior cruciate ligament injury through tensiomyography in male soccer players. *Knee Surg Sports Traumatol Arthrosc* 2015 Sep;23(9):2508-2513.
- (33) Alvarez-Diaz P, Alentorn-Geli E, Ramon S, Marin M, Steinbacher G, Boffa JJ, et al. Effects of anterior cruciate ligament injury on neuromuscular tensiomyographic characteristics of the lower extremity in competitive male soccer players. *Knee Surg Sports Traumatol Arthrosc* 2016 Jul;24(7):2264-2270.
- (34) Greig M. Concurrent changes in eccentric hamstring strength and knee joint kinematics induced by soccer-specific fatigue. *Phys Ther Sport* 2019 May; 37:21-26.
- (35) Noya J, Sillero M. Incidencia lesional en el fútbol profesional español a lo largo de una temporada: días de baja por lesión. *Apunts Med Esport* 2012 /10/01;47(176):115-123.
- (36) Rojas González LR. No title. "Efectividad del protocolo de entrenamiento Nórdico Modificado sobre la estabilidad dinámica de rodilla en futbolistas de La Equidad Fútbol Club" Ensayo controlado aleatorizado (ECA).
- (37) Expósito a nordic curls y entrenamiento excéntrico para isquiosurales.
- (38) Gonçalves, Eduardo Abade Jaime Sampaio Bruno, Viana, Jorge Baptista Alberto Alves João. Efectos de Diferentes Actividades de Re-Calentamiento (R-WU) en el Rendimiento de Jugadores de Fútbol.

(39) Salinas Chesa J, Zamora Valeri E. Plan de evaluación y prevención: Lesión del ligamento cruzado anterior en el jugador de fútbol. 2014.

(40) Alentorn-Geli E, Myer GD, Silvers HJ, Samitier G, Romero D, Lázaro-Haro C, et al. Prevention of non-contact anterior cruciate ligament injuries in soccer players. Part 1: Mechanisms of injury and underlying risk factors. *Knee Surg Sports Traumatol Arthrosc* 2009 Jul;17(7):705-729.

(41) Alentorn-Geli E, Myer GD, Silvers HJ, Samitier G, Romero D, Lázaro-Haro C, et al. Prevention of non-contact anterior cruciate ligament injuries in soccer players. Part 2: a review of prevention programs aimed to modify risk factors and to reduce injury rates. *Knee Surg Sports Traumatol Arthrosc* 2009 Aug;17(8):859-879.

(42) Grimm NL, Jacobs JC, Kim J, Denney BS, Shea KG. Anterior Cruciate Ligament and Knee Injury Prevention Programs for Soccer Players: A Systematic Review and Meta-analysis. *Am J Sports Med* 2015 Aug;43(8):2049-2056.

(43) Bennell K, Tully E, Harvey N. Does the toe-touch test predict hamstring injury in Australian Rules footballers? *Aust J Physiother* 1999;45(2):103-109.

(44) Greig M. Concurrent changes in eccentric hamstring strength and knee joint kinematics induced by soccer-specific fatigue. *Phys Ther Sport* 2019 May; 37:21-26.

(45) Milanese S, Eston R. Hamstring injuries and Australian Rules football: over-reliance on Nordic hamstring exercises as a preventive measure? *Open Access J Sports Med* 2019; 10:99-105.

(46) Feyzioğlu Ö, Öztürk Ö, Sirmen B, Muğrabi S. Does an Accelerated Program Give Equivalent Results in Both Elite Athletes and Non - Athletes? *J Sport Rehabil* 2019 May 16, :1-20.

(47) Bookbinder H, Slater LV, Simpson A, Hertel J, Hart JM. Single-Leg Jump Performance Before and After Exercise in Healthy and Anterior Cruciate Ligament Reconstructed Individuals. *J Sport Rehabil* 2019 Oct 07, :1-7.

(48) Kaur M, Ribeiro DC, Theis J, Webster KE, Sole G. Movement Patterns of the Knee During Gait Following ACL Reconstruction: A Systematic Review and Meta-Analysis. *Sports Med* 2016 Dec;46(12):1869-1895.

## 8. Anexos

### Anexo 1: especificaciones técnicas sobre el BTE primus RS



*Sistema Versatil de rehabilitación.*





## **Anexo 2: Solicitud de Investigación Clínica al CEIC**

Don David Arribas Calvo, en carácter de investigador principal, graduado en la Universidad Pontificia de Comillas, expone el deseo de llevar a cabo el estudio “Valorar la influencia de diferentes métodos de trabajo excéntrico sobre el aumento de fuerza de la musculatura isquiotibial y su relación con la lesión del LCA en jugadores de fútbol” que será realizado en la ciudad del fútbol de las Rozas (calle Severo Ochoa, 1, 28232 Las Rozas de Madrid, Madrid).

Dicho estudio se realizará con el cumplimiento de todos los requisitos legales vigentes, protegiendo toda la información de carácter personal relacionada con los sujetos del estudio y según la exigencia de la Ley Orgánica 3/2018 del 5 de diciembre de protección de datos personales y garantía de los derechos digitales, así como el respeto de todos los aspectos éticos para la realización de ensayos clínicos. De igual manera, se garantiza que la información obtenida del estudio se empleará únicamente con fines de mejora para la práctica clínica y la mejora de la calidad de vida en los pacientes.

Por lo expuesto anteriormente se solicita la acreditación para poder llevar a cabo el estudio mencionado y para el cual se adjunta la siguiente documentación:

Descripción de la terapia a llevar a cabo.

- Consentimiento informado de los sujetos del estudio.
- Currículum Vitae del equipo investigador.
- Hoja en la que los componentes del equipo investigador niegan cualquier interés contrario al mencionado en el presente estudio.
- Otros

Firmado:

En Madrid, a \_\_\_ de \_\_\_ del\_\_\_

### **Anexo 3: Consentimiento informado.**

Yo, D/Dña. \_\_\_\_\_ con  
DNI \_\_\_\_\_ he leído la información que ha sido explicada en cuanto al  
consentimiento. He tenido la oportunidad de hacer preguntas sobre los procedimientos e  
intervenciones del estudio. Firmando abajo consiento que se me apliquen los procedimientos  
que se me ha explicado de forma suficiente y comprensible.

Entiendo que tengo el derecho de rehusar en cualquier momento. Entiendo mi  
plan de trabajo y consiento en ser tratado por un fisioterapeuta colegiado.

Declaro no encontrarme en ninguno de los casos de las contraindicaciones  
especificadas en este estudio. Declaro haber facilitado de manera leal y verdadera  
los datos sobre estado físico y salud de mi persona que pudiera afectar a los  
procedimientos que se me van a realizar. Asimismo, decido dar mi conformidad, libre,  
voluntaria y consciente a los procedimientos que se me han informado.

Firma: \_\_\_\_\_ de \_\_\_\_\_ del \_\_\_\_\_

Tiene derecho a prestar consentimiento para ser sometido a los procedimientos  
necesarios para la realización del presente estudio, previa información, así como a  
retirar su consentimiento en cualquier momento previo a la realización de los  
procedimientos o durante ellos.

#### **INVESTIGADOR**

Yo, D/Dña. \_\_\_\_\_ con  
DNI \_\_\_\_\_ Fisioterapeuta e investigador de la Escuela de Enfermería y  
Fisioterapia "San Juan de Dios" (Universidad Pontificia Comillas Madrid) declaro haber  
facilitado al sujeto y/o persona autorizada, toda la información necesaria para la  
realización de los procedimientos explicitados en el presente estudio y declaro  
haber confirmado, inmediatamente antes de la aplicación de los mismos, que el sujeto  
no incurre en ninguno de los casos contraindicados relacionados anteriormente, así  
como haber tomado todas las precauciones necesarias para que la aplicación de los  
procedimientos sea correcta.

Firma: \_\_\_\_\_ de \_\_\_\_\_ del \_\_\_\_\_

## Anexo 4: Hoja de recogida de datos personales

<b>NÚMERO DE IDENTIFICACIÓN</b>

<b>Nombre</b>	
<b>Apellidos</b>	
<b>Edad</b>	
<b>Club de fútbol</b>	
<b>Teléfono de contacto</b>	
<b>Correo electrónico</b>	

Tabla 11: hoja de recogida de datos personales (elaboración propia)

## Anexo 5: hoja de recogida de datos del estudio

<b>NÚMERO DE IDENTIFICACIÓN</b>

<b>Variables</b>	<b>Medición pre-grupo A</b>	<b>Medición pre-grupo B</b>	<b>Medición post grupo A</b>	<b>Medición post grupo B</b>	<b>Media variable diferencia</b>
<b>Momento de fuerza</b>					
<b>Activación muscular</b>					

Tabla 12: hoja de recogida de datos del estudio (elaboración propia)