

## **Grado en Fisioterapia**

### **Trabajo Fin de Grado**

**Título:**

***Eficacia del entrenamiento de fuerza del glúteo medio en relación con un valor anormal del ángulo Q de rodilla en jugadores de fútbol masculino***

Alumno: Pablo Martínez Manzano

Tutor: Elisa María Benito Martínez

**Madrid, 3 de junio de 2025**

## ÍNDICE

ÍNDICE DE TABLAS.....	4
ÍNDICE DE GRÁFICOS .....	5
ÍNDICE DE ILUSTRACIONES .....	6
TABLA DE ABREVIATURAS .....	7
RESUMEN .....	8
ABSTRACT .....	9
1. ANTECEDENTES .....	10
2. EVALUACIÓN DE LA EVIDENCIA .....	19
Estrategias de búsqueda .....	20
3. DIAGRAMA DE FLUJO .....	23
4. OBJETIVOS DEL ESTUDIO .....	24
Objetivo general .....	24
Objetivos específicos.....	24
5. HIPÓTESIS .....	25
Hipótesis conceptual .....	25
6. METODOLOGÍA .....	26
Diseño .....	26
Sujetos de estudio .....	28
Tamaño muestral.....	29
Variables .....	32
Hipótesis operativa .....	34
Recogida, análisis de datos, y contraste de la hipóteses .....	35
Limitaciones del estudio.....	37
Equipo investigador.....	38
7. PLAN DE TRABAJO.....	39
Diseño de la intervención .....	39

<b>Etapas de desarrollo .....</b>	<b>47</b>
<b>Lugar de realización del proyecto.....</b>	<b>48</b>
<b>8. REFERENCIAS.....</b>	<b>49</b>
<b>9. ANEXOS .....</b>	<b>53</b>
<b>ANEXO I. SOLICITUD AL COMITÉ ÉTICO DE INVESTIGACIÓN CLÍNICA (CEIC) .....</b>	<b>53</b>
<b>ANEXO II. EXPLICACIÓN DEL PROYECTO .....</b>	<b>54</b>
<b>ANEXO III. CONSENTIMIENTO INFORMADO.....</b>	<b>57</b>
<b>ANEXO IV. DATOS PERSONALES .....</b>	<b>59</b>
<b>ANEXO V. DATOS DE ESTUDIO .....</b>	<b>60</b>
<b>ANEXO VI. SOLICITUD DE UTILIZACIÓN DE HERRAMIENTAS DE MEDICIÓN .....</b>	<b>61</b>
<b>ANEXO VII. SOLICITUD DE REVOCACIÓN .....</b>	<b>62</b>
<b>ANEXO VIII. AUTORIZACIÓN PARA REPOSITORIO.....</b>	<b>63</b>

## ÍNDICE DE TABLAS

<b>Tabla 1. Tabla de abreviaturas. Elaboración propia.....</b>	<b>7</b>
<b>Tabla 2. Lesionados de LCA con contacto / sin contacto (2).....</b>	<b>11</b>
<b>Tabla 3. Trabajo preventivo / no trabajo preventivo (2).....</b>	<b>12</b>
<b>Tabla 4. Nivel de significación 4 y 8 semanas de ambos grupos (39) .....</b>	<b>16</b>
<b>Tabla 5. Términos en español / inglés / mesh / decs y libres. Elaboración propia.....</b>	<b>19</b>
<b>Tabla 6. Estrategia de búsqueda pubmed. Elaboración propia .....</b>	<b>21</b>
<b>Tabla 7. estrategia de búsqueda ebsco. Elaboración propia .....</b>	<b>22</b>
<b>Tabla 8. Criterios de inclusión / exclusión. Elaboración propia.....</b>	<b>28</b>
<b>Tabla 9. Poder estadístico y nivel de significación. Elaboración propia.....</b>	<b>29</b>
<b>Tabla 10. Nombres, tipos, medición y unidades de medida de las variables. Elaboración propia.....</b>	<b>32</b>
<b>Tabla 11. Etapas y fechas del estudio. Elaboración propia.....</b>	<b>47</b>

## ÍNDICE DE GRÁFICOS

Gráfico 1. Gráfico de lesiones de LCA respecto a las horas de juego (4) .....	11
Gráfico 2. Diagrama de flujo. Elaboración propia .....	23

## ÍNDICE DE ILUSTRACIONES

ILUSTRACIÓN 1. Sentadilla isométrica. Physitrack® .....	41
ILUSTRACIÓN 2. Puente de glúteo con peso. Physitrack®.....	42
ILUSTRACIÓN 3. Zancadilla primer paso. Physitrack® .....	42
ILUSTRACIÓN 4. Zancadilla segundo paso. Physitrack® .....	42
ILUSTRACIÓN 5. Curl nórdico primer paso. Physitrack® .....	43
ILUSTRACIÓN 6. Curl nórdico primer paso. Physitrack® .....	43
ILUSTRACIÓN 7. Salto lateral segundo paso. Physitrack®.....	44
ILUSTRACIÓN 8. Salto lateral primer paso. Physitrack® .....	44
ILUSTRACIÓN 9. Empuje isométrico glúteo medio segundo paso. Physitrack® .....	44
ILUSTRACIÓN 10. Empuje isométrico glúteo medio primer paso. Physitrack® .....	44
ILUSTRACIÓN 11. Abducción del miembro inferior primer paso. Physitrack® .....	45
ILUSTRACIÓN 12. Abducción del miembro inferior segundo paso. Physitrack® .....	45

## TABLA DE ABREVIATURAS

SIGNIFICADO	SIGLAS
Ligamento Cruzado Anterior	LCA
Ligamento Cruzado Posterior	LCP
Ligamento Lateral Interno	LLI
Ligamento Lateral Externo	LLE
Menisco Interno	MI
Menisco Externo	ME
Fuerza Isométrica Voluntaria Máxima	FIVM
Ángulo de Proyección del Plano Frontal	APPF
Valgo Dinámico de Rodilla	VDR
Single-Leg Jump Landing	SLJL
Desplazamiento Medio Lateral	DML
Máxima Contracción Voluntaria	MCV
Ácido Ribonucleico	ARN

TABLA 1. TABLA DE ABREVIATURAS. ELABORACIÓN PROPIA

## RESUMEN

### Antecedentes

La reducción del ángulo q y del valgo dinámico de rodilla podrían reducir el riesgo de lesión del miembro inferior, específicamente las lesiones de LCA, siendo una de las lesiones más frecuentes en el fútbol masculino.

El fortalecimiento del glúteo medio podría revertir la posible situación lesiva del miembro inferior, siendo este músculo el que más oposición genera al valgo dinámico de rodilla, y, por tanto, uno de los que mayor estabilidad aporta a esta articulación en los movimientos deportivos.

### Objetivo principal

Como objetivo principal, este estudio quiere evaluar la eficacia del entrenamiento del glúteo medio junto al entrenamiento convencional frente al entrenamiento convencional en jugadores de fútbol masculino con un valor anormal del ángulo q de rodilla.

### Metodología

Se realizará un estudio tipo experimental con una muestra recogida de jugadores de la RFFM que cumplan con los criterios de inclusión para el mismo. Se aleatorizarán los grupos, dividiéndose en 2: el grupo control, que realizará el entrenamiento convencional; y el grupo intervención, que realizará el entrenamiento convencional junto con el entrenamiento de glúteo medio. Mediremos variables de FIVM de glúteo medio, DML y valgo dinámico de rodilla, diferenciando dos momentos de medición, el momento de pre-entrenamiento y el de post-entrenamiento. El entrenamiento tendrá una duración de 12 semanas, realizando 3 sesiones por semana con una separación de 48h por sesión.

### Palabras clave

Glúteo medio, fútbol, ángulo q, ligamento cruzado anterior, valgo dinámico de rodilla.

## ABSTRACT

### **Back ground**

The reduction of the q-angle and dynamic knee valgus could reduce the risk of lower limb injury, specifically ACL injuries, one of the most frequent injuries in men's soccer.

The strengthening of the gluteus medius could reverse the possible injury situation of the lower limb, being this muscle the one that generates the most opposition to dynamic knee valgus, and, therefore, one of the muscles that provides greater stability to this joint in sports movements.

### **Main objective**

As a main objective, this study wants to evaluate the efficacy of gluteus medius training along with conventional training versus conventional training in male soccer players with an abnormal knee q-angle value.

### **Methodology**

An experimental study will be carried out with a sample of RFFM players who meet the inclusion criteria. The groups will be randomized and divided into 2 groups: the control group, which will perform conventional training; and the intervention group, which will perform conventional training together with gluteus medius training. We will measure variables of gluteus medius FIVM, DML and dynamic knee valgus, differentiating two moments of measurement, pre-training and post-training. The training will have a duration of 12 weeks, performing 3 sessions per week with a separation of 48h per session.

### **Keywords**

Gluteus medius, soccer, q angle, anterior cruciate ligament, dynamic knee valgus.

## 1. ANTECEDENTES

En primer lugar, hablaremos sobre la lesión de rodilla que más relación tiene con el aumentado grado del ángulo Q, ya que es el que nos indica en qué situación de valgo o varo de rodilla se encuentra el miembro inferior. Esta lesión es la rotura del LCA.

El valgo dinámico una de las variables más importantes para tener en cuenta cuando hablamos del ángulo Q, y es que cuanto mayor ángulo q, mayor es el valgo dinámico de rodilla. Las roturas de LCA se producen, en la mayoría de los casos, sin contacto y con un mecanismo de lesión muy claro. (1,2) Para entender la biomecánica de la lesión dividiremos los movimientos que se producen en tres planos: en el plano sagital, se produce una translación anterior de tibia, que es limitada por el LCA. Esta fuerza de tracción que sufre el LCA disminuye con el aumento de la flexión de rodilla. Una gran generación de fuerza en los extensores de la rodilla, en ángulos más extendidos de rodilla y ante un aterrizaje forzado, incrementa la carga en el LCA en el plano sagital y, por ende, contribuye a un mayor riesgo de lesión del LCA. El LCA limita movimientos de abducción y aducción de rodilla en el plano frontal, según se produzca varo o valgo de la misma, siendo el valgo el movimiento que más carga implementa sobre el ligamento. Luego, en el plano transversal se ha demostrado que, entre las rotaciones, es la interna la que más incrementa la carga sobre el LCA.(3)

Según un estudio realizado respecto a la epidemiología de esta lesión en el fútbol profesional italiano (Serie A) dice que de cada equipo de 25 jugadores al menos uno puede sufrir esta cada 2 años (4). En la primera división española de fútbol masculino, los datos refieren 11 lesiones de LCA cada temporada, que, en promedio, podría ser una lesión por equipo cada dos temporadas. (5) No siendo la lesión más frecuente, supone un gran esfuerzo para el lesionado, el equipo y la entidad deportiva. Hablando del fútbol masculino no profesional, las estadísticas y los estudios no están contrastados, pero, se presupone la misma o la mayor incidencia debido al aumento de la muestra y de los escasos recursos para la prevención de dicha lesión, como fisioterapeutas o preparadores deportivos.



GRÁFICO 1. GRÁFICO DE LESIONES DE LCA RESPECTO A LAS HORAS DE JUEGO (4)

La lesión del LCA se produce en un 73,9 por ciento sin contacto (género masculino). Además, el 66,7 por ciento de ellos no realizó ningún tipo de ejercicio preventivo, por lo que podría haber una relación entre la no realización de ejercicio preventivo y la lesión del LCA. (2)

<b>MECANISMO DE LESIÓN</b>	<b>n</b>	<b>%</b>
Contacto	18	26,1
Sin contacto	51	73,9

TABLA 2. LESIONADOS DE LCA CON CONTACTO / SIN CONTACTO (2)

## TRABAJO PREVENTIVO

	n	%
Sí realizaban trabajo preventivo	23	33,3
No realizaban trabajo preventivo	46	66,7

TABLA 3. TRABAJO PREVENTIVO / NO TRABAJO PREVENTIVO (2)

Como recuerdo anatómico, nos centraremos en la musculatura y estructuras que pueden afectar a la lesión de LCA.: El LCA es uno de los mayores estabilizadores de la articulación femorotibial, sobre todo en el desplazamiento anterior de la tibia. Además, este trabaja junto a los ligamentos laterales (interno: LLI y externo: LLE), el ligamento cruzado posterior (LCP) y la musculatura periarticular. (6)(7)

El LCA está formado por el fascículo antero-medial y el posterolateral y se denomina de esta manera en función de su inserción en la tibia y determinada por su tensión funcional en el movimiento de flexión de la rodilla. Otros autores hablan de un tercer fascículo medial, que actuaría en un amplio rango de la flexo-extensión (8). En la parte anterior, las estructuras más importantes son el cuádriceps y su tendón cuadripital, que tienen una función estabilizadora muy importante. El primero se divide en 4 grupos musculares: vasto interno, recto anterior, vasto externo, y crural. (9) El tendón cuadripital es la inserción de los cuatro músculos y cubre la rótula anteriormente para terminar formando el tendón rotuliano, cuya inserción se encuentra en la tuberosidad tibial. (10) En la parte posterior encontramos la musculatura isquiotibial, formada por los músculos semimembranoso, semitendinoso y bíceps femoral: el músculo bíceps femoral se origina en el isquion y tercio medio del fémur, insertándose en la cabeza del peroné; y el músculo semimembranoso y el músculo semitendinoso se originan también en el isquion, aunque su inserción es distinta, el primero se inserta en el cóndilo interno de los huesos fémur y tibia, mientras que el semitendinoso únicamente en el cóndilo interno de la tibia. (9)

En contacto con la superficie, estos músculos se extienden permitiendo una extensión adecuada de la cadera y proporcionando así la estabilidad a la rodilla. (11)

Hablaremos del glúteo medio ya que es el músculo que más se opone al valgo dinámico de rodilla durante las tareas de soporte de peso como la marcha o la carrera, descargando así la tensión sobre el LCA.(12). El glúteo medio comprende su origen en la parte externa del ilíaco y su inserción en el trocánter mayor, siendo uno de los músculos encargados del controlar el movimiento femoral durante el apoyo y los movimientos dinámicos del miembro inferior (9)(13). El aumento de la fuerza y del control neuromuscular del mismo se vincula con la disminución del dolor de las extremidades inferiores, además de mejorar su alineación y el rendimiento durante los ejercicios deportivos.(14)

Sabiendo que el aumento del ángulo  $q$  está relacionado con el aumento de valgo de rodilla dinámico(2), que el valgo dinámico, durante gestos deportivos, se asocia a un mayor riesgo de lesiones de LCA(15), y que el glúteo medio se opone al momento de valgo de rodilla, disminuyendo así la carga sobre el LCA(12) podremos relacionar estos conceptos afirmando que el fortalecimiento del glúteo medio aportará disminución de ángulo  $q$ , de valgo dinámico de rodilla y de carga sobre el LCA pudiendo prevenir posibles lesiones del mismo.

Los valores normales del ángulo  $q$  se miden cogiendo una marca en espina iliaca anterosuperior, otra marca en el punto medio de la rótula y trazando una línea entre estos dos puntos. Luego se utiliza el punto medio de la rotula para relacionarlo mediante otra línea con el punto localizado en el tubérculo tibial, de esta forma, obtendremos dos líneas que cruzan y crean un ángulo que luego se restó a  $180^\circ$ , hallando así el ángulo  $q$  o ángulo del cuádriceps (16,17). Obteniendo la media de los sujetos se valoran unos datos de normalidad de  $14^\circ$  en hombre, por encima de los cuáles se prevé riesgo de lesión, dolor femoropatellar o patologías relacionadas con la rodilla. (18) Una de las formas de medición más fiable del ángulo  $q$ , de manera dinámica, es mediante análisis de movimiento en 2D, mediante la técnica “APPF” realizando un aterrizaje con una sola pierna, siendo el mecanismo de lesión más común de LCA (2,17). Para la medición se utiliza una cámara del Iphone 15, que se coloca en un trípode en frente del sujeto, a una altura de 1.05 m y una distancia del sujeto de 2m(19), además se utiliza el programa beta Kinovea para el análisis del vídeo grabado. Para obtener los resultados de la medición de manera objetiva y fiable se colocan marcas en espina iliaca anterosuperior, en el punto medio de la rótula y en el tubérculo tibial(18,19).

Las marcas se ponen en azul o rojo con un diámetro de 1.5mm. El programa que se utiliza ha demostrado ser muy fiable y veraz en pruebas de SLJL, varios autores midieron la fiabilidad de este programa mediante la cinemática de las extremidades inferiores en el plano frontal, como en SLJL, y mostraron excelentes valores (20-22)

La evaluación con Kinovea se efectua manualmente, siguiendo un procedimiento paso a paso. La cámara, el trípode y el sujeto permanecen en la misma disposición ya descrita. Tras capturar la imagen, el evaluador calcula el ángulo de forma manual usando la herramienta “ángulos” del programa.(23) Esta técnica de medición se realiza de la siguiente manera: el sujeto realiza el single-leg jump landing (SLJL) con su pierna dominante, saltando hacia el suelo en un plano frontal desde un cajón, que se encuentra a 20 centímetros del suelo, manteniéndose 5 segundos con la pierna de salto en el suelo. El paciente deberá aterrizar, en las 10 ocasiones de medición, en el cuadrado dibujado en el suelo por el investigador. El momento en el que se mide ese valgo dinámico es cuando el pie de la pierna dominante se encuentra en el contacto inicial y en los 100 ms de fotogramas posteriores, que es el periodo crítico de la mecánica de lesión en valgo de rodilla. Se escoge como fotograma y toma de medición el momento de mayor valgo de rodilla, o en su similitud, ángulo q. Se obtiene una media de los 10 fotogramas medidos de valgo dinámico de rodilla / ángulo q.(24).

Las mediciones de estabilidad se realizan, normalmente, en una plataforma estabilométrica. Para obtener los valores más objetivos se utilizan variables de desplazamiento medio lateral (DML), desplazamiento anteroposterior y el área de la elipse. En nuestro caso, se ha demostrado que el control del DML es la variable que primero se ve alterada en lesiones del miembro inferior. (25) Además, se ha demostrado que fatigar selectivamente los abductores de cadera, entre ellos el glúteo medio, incrementa de forma clara la velocidad y la variabilidad del DML.(26) Varios estudios reflejan que la medición de las pruebas se realice, para su mayor veracidad y objetividad, 3 veces durante 10 segundos cada una, además los sujetos deben mirar al frente en todo momento y mantener una posición erguida, manteniendo el miembro de no medición de forma que no esté en contacto con el suelo. (27,28) En futbolistas es muy común utilizar la plataforma de presiones como herramienta de medida, con el fin de observar los cambios que se producen en su estabilidad, además, en la prueba de apoyo monopodal se utiliza el área de la elipse como la variable principal. (29)

El MicroFet-2 es un dinamómetro manual con alta fiabilidad en personas sanas para obtener datos de fuerza isométrica máxima del glúteo medio. (30) Se utilizó este medidor en varios estudios y uno de ellos refiere un ICC intrasesión 0,97-0,98 e inter-evaluador 0,83-0,95, afirmando su alta estabilidad para realizar mediciones. (31,32) La herramienta Micro-Fet, se coloca se coloca a 5 cm proximal de la línea lateral de la articulación de la rodilla, para medir la fuerza de glúteo medio. Con este mismo dinamómetro se realizan pruebas de fuerza isométrica voluntaria máxima donde el mayor pico de fuerza se encontraba entre los 2 y 5 primeros segundos, cogiendo el valor de mayor pico de fuerza de las 3 mediciones. (30) El mayor punto de torque de los músculos de la cadera se da en ligera abducción, unos 10 grados, justo por debajo de la posición media.(33)

La mayoría de los ejercicios realizados para prevenir la rotura o lesión de miembro inferior o de rodilla se centran en el fortalecimiento de los cuádriceps, y otros en el fortalecimiento de cuádriceps e isquiotibiales. Se cualificaron 1019 programas de ejercicios de prevención de dicha patología y solo el 16% de esos programas hablaba de fortalecimiento de tronco y cadera, por lo que podemos afirmar esa mayoría mencionada. (34,35) En sujetos sanos, la abducción de rodilla (riesgo de lesión del LCA) se predice por una debilidad de fuerza en el glúteo medio, por lo que el entrenamiento de este podría mejorar esa situación de la rodilla. En los ejercicios de fortalecimiento y en los programas actuales de prevención de lesiones de rodilla se consideran habituales las sentadillas bilaterales y las zancadas adelante o atrás, que refuerzan la cadena extensora y optimizan la mecánica sagital de la articulación, junto con variantes en cadena cerrada y sin carga como el puente pélvico, los crunch abdominales y las planchas, imprescindibles para la estabilización de la zona abdominal y el cintura pélvica, la fuerza excéntrica de la cadena posterior se potencia con el curl nórdico de isquiotibiales, mientras que la sentadilla a una pierna y el peso muerto unilateral son los que generan trabajo unipodal y de disociación entre la cintura escapular y la cintura pélvica que mejora el control neuromuscular en situaciones de carga de manera asimétrica. Los pasos o zancadas laterales con giro generan un estímulo en muchos planos, lo que reproduce cambios de dirección deportivos y genera gran absorción de fuerzas en el plano frontal y en el plano transverso, dos de los más importantes en las lesiones de rodilla (12,36)

Después de 8 semanas de entrenamiento funcional de los músculos abductores de cadera, incluyendo ejercicios del glúteo medio, los datos del APPF mejoraron significativamente, siendo medida esta variable con el programa 2D de Kinovea. Además, el análisis de estos datos reveló que el esfuerzo de este músculo optimizaba el control neuromuscular proximal,

limitando la aducción femoral y la inclinación pélvica. Estos ejercicios aumentaron la estabilidad de rodilla durante tareas monopodales, que es uno de los momentos más lesivos en el ámbito futbolístico.(37) En adultos jóvenes asintomáticos con alto valgo de rodilla dinámico, cinco semanas de fortalecimiento aislado del glúteo medio aumentan la fuerza abductora, aproximadamente un 30%, pero no logran cambios estadísticamente significativos en las variables de valgo dinámico de rodilla. A pesar de no lograr los cambios estadísticos, si que se consigue lograr cambios clínicos, reduciendo el valgo dinámico de rodilla entre 5 y 10 grados, por lo que puede haber cierta relevancia clínica. (38)

Variable	Within-group comparison		<i>P</i> -value of between-group comparison Mean difference (95% CI)	
	4 Weeks	8 Weeks	4 Weeks (FHG-FG)	8 Weeks (FHG-FG)
<b>Muscle strength (N)</b>				
Tibialis posterior				
FG	67.20±9.01 <sup>#</sup>	71.60±9.04 <sup>†,**</sup>	0.213	0.276
FHG	64.87±9.89 <sup>#</sup>	69.59±10.03 <sup>†,**</sup>	-2.33 (-6.01 to 1.35)	-2.05 (-5.77 to 1.67)
Flexor hallucis brevis				
FG	27.82±4.93 <sup>#</sup>	30.43±5.29 <sup>†,**</sup>	0.319	0.926
FHG	26.89±4.57 <sup>#</sup>	30.34±5.01 <sup>†,**</sup>	-9.35 (-2.79 to 0.92)	-0.10 (-2.10 to 1.91)
Gluteus medius				
FG	116.05±13.93	115.42±13.92	0.178	<0.001 <sup>††</sup>
FHG	119.64±13.10 <sup>#</sup>	128.23±11.95 <sup>†,**</sup>	3.60 (-1.67 to 8.86)	12.81 (7.76 to 17.86)

**TABLA 4. NIVEL DE SIGNIFICACIÓN A 4 Y 8 SEMANAS DE AMBOS GRUPOS (39)**

El entrenamiento de fuerza de glúteo medio comienza a ser productivo y significativamente óptimo al realizar 8 semanas de entrenamiento, antes de estas semanas no se alcanza la significación. Las primeras 4 semanas se consiguen mejoras de adaptación neural, las adaptaciones hipertróficas y reorganización de unidades motoras tardan entre 6 y 8 semanas, por eso se fijan las 8 semanas como ventana mínima. Los protocolos de estudio y entrenamiento de ≤ 4-6 semanas pueden infraestimar los efectos reales sobre el glúteo medio. (39-41)

La carga sobre la que se debe entrenar será el 80% de la máxima contracción voluntaria (MCV), debido a que es esta la que aumenta el 35% de la fuerza abductora, además de que con esta carga se demostró tener una menor tendencia al valgo y rotación interna femoral.(38)

180 estudios fueron revisados hablando sobre las repeticiones, series y porcentajes de carga que se deberían de utilizar en un entrenamiento, concluyendo así que se deben realizar entre 1-3 series de entre 8 y 12 repeticiones, cada una de ellas entre el 70 y 80% de la MCV. Además, las sesiones de entrenamiento se deben realizar 2-3 días por semana, manteniendo más de 48h de recuperación. Múltiples series de ejercicio superan a la serie única para la mejora de la fuerza y la hipertrofia. La síntesis proteica muscular aumenta tras una sola sesión de entrenamiento de fuerza, llega a su pico a las 24 h y permanece en este durante 36-48 h, es en ese intervalo donde se marca la ventana anabólica mínima antes de repetir el estímulo generado con entrenamiento de fuerza para seguir aumentando el tejido sin colapsar con el proceso de recuperación celular. En referente a lo comentado antes y siendo la meta generar resistencia muscular localizada (como en deportes aeróbicos como fútbol) se priorizan 10-15 repeticiones con cargas moderadas y menos descanso, aunque en etapas superiores, se amplía a entre 10 y 25 repeticiones del ejercicio manteniendo muchas series para aguantar mayor tiempo en tensión muscular. (42)

Se analizó, mediante biopsias, la respuesta molecular después de un ejercicio de FIVM tras 12, 24, 48 y 72 horas. Los resultados muestran que, a las 72 h de completar dos sesiones de contracciones isométricas máximas, el músculo mostró un aumento global del contenido de ARN, reflejando un proceso de biogénesis ribosomal, de modo que se estaban generando nuevos ribosomas para ampliar la capacidad de síntesis proteica. Este incremento, debido principalmente al ARN ribosómico, se considera un paso previo imprescindible para la hipertrofia.

Este análisis molecular describe muy bien temporalmente cómo se inician y se encadenan las respuestas anabólicas y miogénicas del vasto lateral humano tras dos sesiones de contracciones isométricas máximas inducidas por estimulación neuromuscular (NMES). A las 12 h se activaron de forma significativa las vías ligadas tanto a la proliferación como a la diferenciación de precursores satélite. Posteriormente, el contenido total de ARN muscular aumentó de forma significativa 96 h después del comienzo del protocolo, es decir, 72 h tras la segunda sesión. Esto se interpreta, como hemos dicho antes, como el aumento de ARN y, por tanto, de la capacidad de traducción. Este aumento genera por tanto incremento hipertrófico celular. Por lo que, a las 72 horas de la realización del ejercicio es cuando el músculo ya ha generado una respuesta anabólica importante y justo antes de que intervenga el cansancio, la fatiga o variables que impidan una objetividad en la recopilación de datos del estudio. (43)

La incapacidad para alinear correctamente pelvis y fémur por debilidad glútea se ha vinculado a numerosas patologías del miembro inferior, por eso es por lo que los programas de prevención de lesiones incluyan ejercicios en los que se reclute el glúteo medio y el glúteo mayor. Se realizaron, 3 series de 5 repeticiones de los ejercicios: hurdle jump, split jump, V2 lateral jump y crossover jump, midiendo la capacidad de contracción y activación de los músculos glúteo medio y glúteo mayor. Los datos evaluados reflejaron que 3 de los 4 saltos que se realizaron en el estudio superaron el umbral del 70 % de la contracción voluntaria máxima, el cual está considerado suficiente para generar estímulo de fuerza en glúteo medio. En las fibras del glúteo medio el ejercicio V2 lateral jump generó un 84,7%, el hurdle jump un 93,2% y el corssover jump un 103%, siendo este último el ejercicio que mayor número de miofibrillas activó en la musculatura del glúteo medio. Por lo que, entre estos ejercicios, es el “crossover jump” el que más porcentaje genera, por encima de los valores de referencia. Este puede ser uno de los mejores ejercicios preventivos de lesiones de miembro inferior, generando un gran estímulo neuromuscular sobre este músculo con alta potencia estabilizadora. La integración progresiva de estos saltos, tras fases iniciales dominadas por ejercicios de menor demanda (puentes, abducciones en cadena cinética cerrada, etc., referidos en la introducción del mismo artículo), facilita preparar al deportista para las exigencias reales de la competición, aportando un estímulo neuromuscular suficientemente intenso para mejorar la estabilidad frontal y reducir el riesgo de colapso en valgo durante aterrizajes y cambios de dirección(44)

## 2. EVALUACIÓN DE LA EVIDENCIA

La realización de este trabajo fue dada por la búsqueda de artículos en dos plataformas: Pubmed y Ebsco. Los términos que han sido utilizados de acuerdo con el título del trabajo son:

Palabra en español	Palabra en inglés	MESH	DECS	Término libre
LIGAMENTO CRUZADO ANTERIOR	ANTERIOR CRUCIATE LIGAMENT	ANTERIOR CRUCIATE LIGAMENT INJURIES OR ACL	ANTERIOR CRUCIATE LIGAMENT INJURIES OR ACL	ANTERIOR CRUCIATE LIGAMENT
GLÚTEO MEDIO	GLUTEUS MEDIUS	GLUTEUS MEDIUS	GLUTEUS MEDIUS	GLUTEUS MEDIUS
ESTABILIDAD DE RODILLA	KNEE STABILITY			KNEE STABILITY
FUERZA ISOMÉTRICA	ISOMETRIC STRENGTH	ISOMETRIC CONTRACTION		ISOMETRIC STRENGTH
ÁNGULO Q	Q ANGLE			Q ANGLE
FÚTBOL	SOCCER	SOCCER	SOCCER	SOCCER

TABLA 5. TÉRMINOS EN ESPAÑOL / INGLÉS / MESH / DECS Y LIBRES. ELABORACIÓN PROPIA

## Estrategias de búsqueda

Desde Pubmed guardaremos como un archivo los artículos encontrados para importarlo después en nuestra carpeta de Refworks junto a los artículos encontrados en las diferentes bases de datos.

	ESTRATEGIA	ARTÍCULOS ENCONTRADOS
PUBMED	((ACL) OR (ANTERIOR CRUCIATE LIGAMENT)) AND (GLUTEUS MEDIUS) AND (SOCCER)	5
	((ACL) OR (ANTERIOR CRUCIATE LIGAMENT)) AND (SOCCER) AND (KNEE STABILITY) Filtro: 5 años	28
	(GLUTEUS MEDIUS) AND (KNEE STABILITY) Filtro: 5 años	32
	((ACL) OR (ANTERIOR CRUCIATE LIGAMENT)) AND (ISOMETRIC STRENGTH) AND (GLUTEUS MEDIUS)	20
	((ACL) OR (ANTERIOR CRUCIATE LIGAMENT)) AND (Q ANGLE) Filtro: 5 años	17
		4

	(Q ANGLE) AND (GLUTEUS MEDIUS)  (((ACL) OR (ANTERIOR CRUCIATE LIGAMENT)) AND (GLUTEUS MEDIUS)) AND (KNEE STABILITY)	7
<b>TOTAL</b>		<b>113</b>

*TABLA 6. ESTRATEGIA DE BÚSQUEDA PUBMED. ELABORACIÓN PROPIA*

EBSCO	$((ACL) \text{ OR } (ANTERIOR \text{ CRUCIATE LIGAMENT})) \text{ AND } (GLUTEUS \text{ MEDIUS}) \text{ AND } (SOCCER)$  $((ACL) \text{ OR } (ANTERIOR \text{ CRUCIATE LIGAMENT})) \text{ AND } (SOCCER) \text{ AND } (KNEE \text{ STABILITY})$ Filtro: 5 años	9
	$(GLUTEUS \text{ MEDIUS}) \text{ AND } (KNEE \text{ STABILITY})$	65
	$((ACL) \text{ OR } (ANTERIOR \text{ CRUCIATE LIGAMENT})) \text{ AND } (ISOMETRIC \text{ STRENGTH}) \text{ AND } (GLUTEUS \text{ MEDIUS})$	29
	$((ACL) \text{ OR } (ANTERIOR \text{ CRUCIATE LIGAMENT})) \text{ AND } (Q \text{ ANGLE})$ Filtro: 5 años	67
	$(Q \text{ ANGLE}) \text{ AND } (GLUTEUS \text{ MEDIUS})$	5
	$((ACL) \text{ OR } (ANTERIOR \text{ CRUCIATE LIGAMENT})) \text{ AND } (GLUTEUS \text{ MEDIUS}) \text{ AND } (KNEE \text{ STABILITY})$	5
<b>TOTAL</b>		<b>221</b>

TABLA 7. ESTRATEGIA DE BÚSQUEDA EBSCO. ELABORACIÓN PROPIA

### 3. DIAGRAMA DE FLUJO

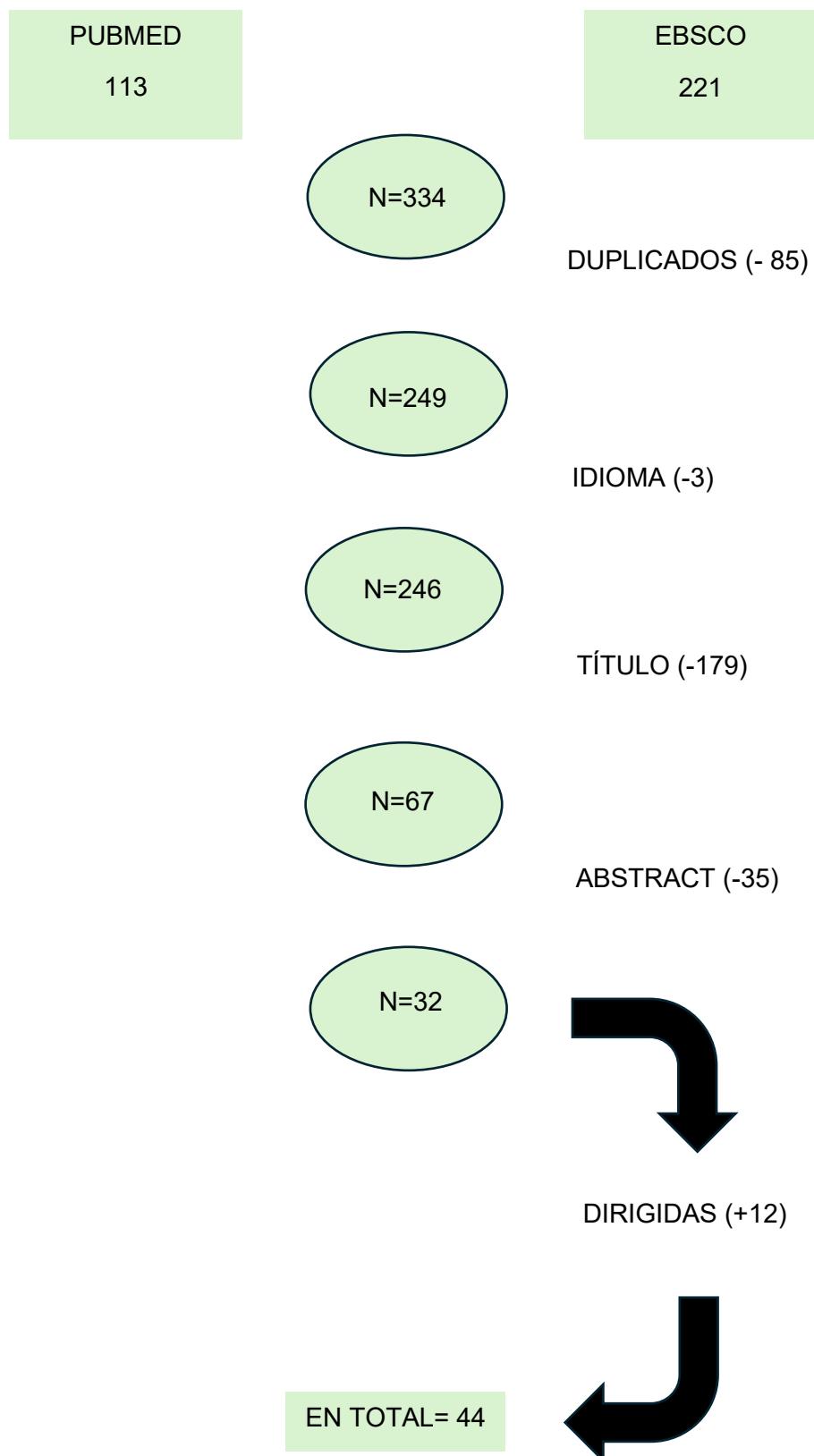


GRÁFICO 3. DIAGRAMA DE FLUJO. ELABORACIÓN PROPIA

## 4. OBJETIVOS DEL ESTUDIO

### **Objetivo general**

Evaluar la eficacia del entrenamiento de fuerza de glúteo medio junto al entrenamiento de fuerza convencional frente al entrenamiento de fuerza convencional en jugadores de fútbol masculino con un valor anormal del ángulo Q de rodilla.

### **Objetivos específicos**

Observar los cambios que produce añadir el entrenamiento de fuerza de glúteo medio al entrenamiento de fuerza convencional frente al entrenamiento de fuerza convencional en jugadores de fútbol con un valor anormal del ángulo Q de rodilla, en relación con el valgo dinámico de rodilla.

Observar los cambios que produce añadir el entrenamiento de fuerza de glúteo medio al entrenamiento de fuerza convencional frente al entrenamiento de fuerza convencional en jugadores de fútbol con un valor anormal del ángulo Q de rodilla, en relación con la FIVM del glúteo medio.

Observar los cambios que produce añadir el entrenamiento de fuerza de glúteo medio al entrenamiento de fuerza convencional frente al entrenamiento de fuerza convencional en jugadores de fútbol con un valor anormal del ángulo Q de rodilla, en relación con la estabilidad estática.

## 5. HIPÓTESIS

### Hipótesis conceptual

Añadir entrenamiento de fuerza de glúteo medio al entrenamiento de fuerza convencional es más eficaz que el entrenamiento de fuerza convencional en jugadores de fútbol con un valor anormal del ángulo Q.

## 6. METODOLOGÍA

### Diseño

El estudio que se va a realizar va a ser un estudio analítico experimental de dos grupos. El tipo de muestreo para seleccionar los sujetos del estudio se realizará de manera aleatoria, asignados en los grupos 1, que será el grupo control, y el grupo 2, que será el grupo experimental. El grupo 1 realizará el entrenamiento de fuerza convencional, y el grupo 2 será el que se realice tanto el entrenamiento de fuerza convencional como el entrenamiento específico de glúteo medio. Además, van a ser elegidos acordes a unos estándares, los criterios de inclusión y exclusión.

En el estudio queremos comparar los dos grupos, el de la intervención, que realizará los ejercicios de glúteo medio y los ejercicios convencionales, y el grupo de la comparación, que realizará solamente el entrenamiento convencional. Vamos a realizar dos mediciones de cada variable dependiente que tengamos, de manera que mediremos en la situación pre (antes de)-entrenamiento y en el post (después de)-entrenamiento. De esta manera, podremos valorar los cambios que se van a producir en las variables mencionadas, es por ello por lo que nuestro estudio va a ser longitudinal y prospectivo.

Utilizaremos un simple ciego para la recogida y análisis de nuestros datos, el encargado de recopilar los datos y analizarlos no sabe en ningún momento a qué grupos pertenecen los sujetos. Al paciente no le podemos cegar porque tendrá que firmar en el consentimiento e informe de estudio a lo que se somete cada grupo.

En este estudio, se respetará en todo momento lo éticamente mencionado en la Declaración de Helsinki por la Asamblea Médica Mundial, junto a las normas de la buena práctica clínica, buscando la beneficencia y sin procurar el mal. Además, será necesaria la conformidad del Comité Ético de Investigación Clínica de la Escuela y Enfermería “San Juan De Dios” de la Universidad Pontificia Comillas, en la que solicitaremos la sala del laboratorio para la realización de las mediciones (Anexo I)

Antes de comenzar la realización del estudio, los sujetos que intervienen en él serán informados en todo momento mediante un documento que explica las técnicas de entrenamiento, la duración del estudio, los objetivos, y los riesgos que podrían surgir (Anexo II).

También se les informará sobre su libertad y derechos ARCO (acceso, rectificación, cancelación y oposición), además de tener que firmar el consentimiento informado (Anexo II).

III) y otra en la que los sujetos rellenarán sus datos personales (Anexo IV) el cuál solo tendrá acceso el investigador principal.

Respecto a la protección de datos del paciente se tomará en cuenta la Ley Orgánica 3/2018 de Protección de Datos Personales y garantía de derechos digitales.

El investigador principal (Pablo Martínez Manzano) será el que tendrá acceso a los datos recogidos en el estudio, almacenados en una base de datos personales y otra base de datos de estudio anonimizada y nombrados por el código que tenga cada sujeto de estudio (Anexo V).

## Sujetos de estudio

La muestra de sujetos serán futbolistas de género masculino, para ello, utilizaremos unos criterios de inclusión y exclusión para elegir una muestra más homogénea:

	INCLUSIÓN	EXCLUSIÓN
1	SEXO MASCULINO	HABER SUFRIDO UNA LESIÓN DEL MIEMBRO INFERIOR PREVIA A LA REALIZACIÓN DEL ESTUDIO
2	MAYORES DE EDAD	NO TENER DOMINANCIA
3	JUGADORES FEDERADOS QUE ESTÉN ACTUALMENTE EN ESTADO ACTIVO	INCAPACIDADES COGNITIVAS QUE NO PERMITAN EL ENTENDIMIENTO Y LA PARTICIPACIÓN EN EL ESTUDIO
4	DEBEN PRACTICAR EL DEPORTE EN TERRENO DE HIERBA NATURAL O ARTIFICIAL	JUGADORES PENDIENTES DE UNA CIRUGÍA
5	LA LENGUA HABLADA O ESCRITA DEBE SER INGLÉS O CASTELLANO	QUE SEAN SUJETOS DE OTRO ESTUDIO SIMULTÁNEAMENTE
6	PRACTICAN FÚTBOL, AL MENOS, 3 VECES A LA SEMANA	MEDICACIÓN QUE INTERFIERA EN LOS VALORES DE NUESTRAS 3 VARIABLES

TABLA 8. CRITERIOS DE INCLUSIÓN / EXCLUSIÓN. ELABORACIÓN PROPIA

## Tamaño muestral

Se va a utilizar la ecuación de contraste de hipótesis para la comparación de dos medias, la cual nos informa del tamaño de la muestra y la cantidad de sujetos que van a pertenecer a cada grupo:

$$n = \frac{2k \times SD^2}{d^2}$$

K: es una constante, que va a depender del nivel de significación y el poder estadístico ( $\alpha$  y  $1-\beta$  respectivamente).

n: es el tamaño de la muestra.

d: es la precisión.

SD: es la desviación típica.

PODER ESTADÍSTICO (1- $\beta$ )	NIVEL DE SIGNIFICACIÓN ( $\alpha$ )		
	5%	1%	0,10%
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 9. PODER ESTADÍSTICO Y NIVEL DE SIGNIFICACIÓN. ELABORACIÓN PROPIA

Para obtener un cálculo muestral objetivo y de un correcto peso estadístico, utilizaremos:

- Para la variable de FIVM de glúteo medio el artículo “Gluteus medius muscle strengthening exercise effects on medial longitudinal arch height in individuals with flexible flatfoot: a randomized controlled trial”(39)

SD: 11.95

d: 8.59

$$\text{Por lo que: } n = 2(7.8) \times (142.80) / (73.78) \rightarrow n = 30.19$$

Nuestra muestra de un grupo serían 31 personas (ya que se redondea al número entero inmediato) a las que habría que añadir un 15% de las mismas por posibles perdidas de sujetos de estudio. Por lo que tendríamos un total de 36 personas.

Además, como en nuestro estudio utilizaremos dos grupos habrá que realizar  $n_2=72$ .

Nuestra muestra para la variable FIVM de glúteo medio es 72.

- Para la variable de valgo dinámico de rodilla utilizaremos el siguiente artículo “A randomised trial into the effect of an isolated hip abductor strengthening programme and a functional motor control programme on knee kinematics and hip muscle strength” (38)

SD: 1.06

d: 0.9

$$\text{Por lo que: } n = 2(7.8) \times (1.12) / (0.81) \rightarrow n = 21.6$$

Nuestra muestra para esta variable serán por tanto 22 personas, más el 15% mencionado la  $n = 26$ . Como son 2 grupos la muestra será 52 sujetos para esta variable.

- Para variable de estabilidad estática utilizaremos una subvariable que será el DML. El artículo utilizado será: “Evaluation of the Stability of the Subjects with Anterior Cruciate Injuries Reconstruction” (25)

SD = 996.26

d = 1155.76

$$\text{Siendo } n = 2(7.8) \times (992.533,98) / (1.335.781,17) \rightarrow n = 11.6 \text{ sujetos.}$$

Para esta variable la muestra total, con lo anteriormente mencionado, será  $n = 28$

Para conseguir la mayor fiabilidad posible de nuestro estudio, vamos a utilizar la muestra más grande de las tres variables mencionadas. Por lo que nuestro tamaño muestral, de FIVM de glúteo medio, será de 72 sujetos, y cada grupo estará compuesto por 36 sujetos.

Los participantes del estudio serán escogidos de acuerdo con un muestreo no probabilístico, tipo bola de nieve. En este, Pablo Martínez Manzano (investigador principal) deberá pedir permiso a la Real Federación de Fútbol de Madrid para obtener la muestra ya mencionada. Se le pedirá al equipo de fisioterapeutas, médicos, readaptadores y personal sanitario que trabaje con los futbolistas, que nos pueda derivar a los jugadores que tengan las características y criterios de inclusión ya mencionados.

Los 72 participantes tendrán que dividirse en dos grupos, se utilizará un muestreo analítico simple por el que se meterán en una bolsa 72 papeles, 36 tendrán el número 1 y los otros 36 tendrán el número 2. De modo que, los sujetos que saquen el número 1 pertenecerán al grupo 1, que será el grupo control, y los que saquen el número 2 pertenecerán al grupo 2, que será el grupo de intervención o experimental.

## Variables

VARIABLE	TIPO	MEDICIÓN	UNIDAD DE MEDIDA
MOMENTO DE MEDICIÓN	Independiente, cualitativa, nominal, dicotómica		0 = pre 1 = post
TRATAMIENTO	Independiente, cualitativa, nominal, dicotómica		0 = grupo control 1 = grupo intervención
FIVM DE GLÚTEO MEDIO	Dependiente, cuantitativa, continua	Dinamómetro isométrico manual	Newton
DML	Dependiente, cuantitativa, continua	Plataforma estabilométrica	Milímetros (mm)
VALGO DINÁMICO DE RODILLA	Dependiente, cuantitativa, continua	Software Kinovea	Grados °

*TABLA 10. NOMBRES, TIPOS, MEDICIÓN Y UNIDADES DE MEDIDA DE LAS VARIABLES.  
ELABORACIÓN PROPIA*

Teniendo las variables definidas utilizaremos distintos tipos de herramientas para obtener sus valores. Para conseguir los datos de la FIVM de glúteo medio utilizaremos el dinamómetro manual MicroFet2 MMT, para el DML utilizaremos la plataforma estabilométrica de Microlab y, por último, para la variable valgo dinámico de rodilla, utilizaremos el software kinovea gratuito y la cámara del iphone 15 para grabar las diferentes pruebas.

El tratamiento que determina como 0 el grupo control, y como 1 el grupo de intervención se ha dividido y recogido como hemos mencionado anteriormente.

La variable “momento de medición” distingue dos instantes:

- Pre-entrenamiento: evaluaciones realizadas antes de iniciar cualquier sesión de fuerza (día 0, semana 0).

- Post-entrenamiento: evaluaciones realizadas después del entrenamiento, es decir en la semana 12, que será la última del proceso de investigación.

La primera medición y el primer entrenamiento estarán separados por un intervalo de 48h, para objetivar los datos y que no aparezcan sesgos de ningún tipo. Entre el último entrenamiento, y la última medición (2<sup>a</sup>), pasarán también 48 horas por estos mismos motivos.

Es importante saber que los días de entrenamiento serán 3 a la semana: lunes, miércoles y viernes, de esta manera podremos realizar un descanso de 48 horas entre los días de entrenamiento. Además, para estandarizar el procedimiento, cada participante completará un breve calentamiento antes de registrar las variables:

- Tres contracciones submáximas del glúteo medio, manteniendo cada una durante 5s.
- Dos apoyos monopodales sobre la pierna dominante, de 10 s cada uno.

## Hipótesis operativa

FIVM de glúteo medio:

- Hipótesis nula (H0): No hay diferencias, estadísticamente significativas, cuando añadimos entrenamiento específico de glúteo medio al entrenamiento convencional, frente a realizar únicamente entrenamiento convencional en jugadores de fútbol, respecto a la FIVM de glúteo medio.
- Hipótesis alternativa (H1): Hay diferencias, estadísticamente significativas, cuando añadimos entrenamiento específico de glúteo medio al entrenamiento convencional, frente a realizar únicamente entrenamiento convencional en jugadores de fútbol, respecto a la FIVM de glúteo medio.

Desplazamiento medio-lateral (DML):

- Hipótesis nula (H0): No hay diferencias, estadísticamente significativas, cuando añadimos entrenamiento específico de glúteo medio al entrenamiento convencional, frente a realizar únicamente entrenamiento convencional en jugadores de fútbol, respecto al DML de rodilla.
- Hipótesis alternativa (H1): Hay diferencias, estadísticamente significativas, cuando añadimos entrenamiento específico de glúteo medio al entrenamiento convencional, frente a realizar únicamente entrenamiento convencional en jugadores de fútbol, respecto al DML de rodilla.

Valgo dinámico de rodilla:

- Hipótesis nula (H0): No hay diferencias, estadísticamente significativas, cuando añadimos entrenamiento específico de glúteo medio al entrenamiento convencional, frente a realizar únicamente entrenamiento convencional en jugadores de fútbol, respecto al valgo dinámico de rodilla.
- Hipótesis alternativa (H1): Hay diferencias, estadísticamente significativas, cuando añadimos entrenamiento específico de glúteo medio al entrenamiento convencional, frente a realizar únicamente entrenamiento convencional en jugadores de fútbol, respecto al valgo dinámico de rodilla.

## **Recogida, análisis de datos, y contraste de la hipóteses**

Durante la anamnesis, el responsable principal del estudio recopilará la información de cada participante. A todos los sujetos del estudio se les pedirá que firmen los formularios donde constan sus datos identificativos y el consentimiento informado. Para garantizar la confidencialidad, cada documento recibirá un código numérico, de modo que podamos relacionar los registros sin revelar la identidad de los sujetos.

Los valores obtenidos con el software de Kinovea, la plataforma estabilométrica y el dinamómetro manual, serán recogidos por el investigador principal junto con el resto del equipo, cuya composición detallaremos más adelante. El protocolo incluye dos evaluaciones: una anterior a la intervención y otra al finalizarla, separadas por un periodo de tres, donde finalizará dicho estudio.

Una vez introducidos los resultados en Microsoft Excel®, los datos se exportarán a SPSS® para su análisis estadístico, tarea que llevará a cabo un analista especializado.

El análisis descriptivo y el análisis inferencial van a ser las dos partes de nuestra estadística en base a este estudio.

El análisis descriptivo nos va a permitir caracterizar la muestra inicial y detectar los valores atípicos del contraste de hipótesis, objetivando datos de moda, mediana y las medidas enfocadas en los valores de dispersión, que son: varianza, desviación típica y rango. Además, el programa SPSS nos podrá mostrar todos estos valores mediante una tabla de frecuencias, generando mayor atractivo visual de los datos. Las variables que entran dentro de este análisis descriptivo son la FIVM de glúteo medio, el DML y el valgo dinámico de rodilla.

En cuanto al análisis inferencial, vamos a hacer un contraste de hipótesis de muestras relacionadas y de muestras independientes. Lo primero será generar una variable de diferencia para cada grupo entre las “mediciones post” y “mediciones pre”, para ello utilizaremos las mediciones pre-entrenamiento del grupo control y las mediciones post-

entrenamiento del grupo control. Realizamos lo mismo con las mediciones del grupo de intervención hallando así la variable diferencia entre las variables de cada grupo. Luego, vamos a utilizar pruebas de normalidad de nuestra muestra mediante el contraste de hipótesis de muestras relacionadas.

La normalidad va a ser valorada mediante la utilización de la prueba Kolmogórov-Smirnov, en la cual obtendremos dos hipótesis:

$H_0$  = la muestra sigue una distribución normal

$H_1$  = la muestra no sigue una distribución normal

Si el comportamiento de la muestra se da con un valor de significación  $p < 0,05$  significa que la variable no presenta normalidad, pero si el valor de significación  $p > 0,05$  significará que dicha variable sí presenta normalidad. La prueba de Levene es la siguiente prueba que vamos a realizar, observando si existe homogeneidad de la varianza en nuestra muestra o no existe.

Cuando, tanto la prueba de Kolmogórov-Smirnov, como la prueba de Levene presentan un nivel de significación  $p$  por encima de 0,05 realizaremos una prueba adicional denominado T-Student de muestras independientes, debido a que se acepta el principio de normalidad. Si nuestro nivel de significación estuviese por debajo de 0,05 en cualquiera de las pruebas mencionadas no se aceptaría la normalidad por lo que utilizaríamos la prueba U de Mann Whitney (no paramétrica) de muestras independientes. Una vez calculado el valor  $p$  tanto si procede de la U de Mann-Whitney como de la prueba t de Student lo interpretaremos así:

- Cuando  $p$  es  $> 0,05$  se mantiene la  $H_0$ , lo que indica que la variable analizada no difiere de forma estadísticamente significativa entre el grupo control y el grupo de intervención.
- Cuando  $p$  es  $< 0,05$  se descarta  $H_0$  y se acepta la  $H_1$ , concluyendo que sí que existen diferencias significativas entre ambos grupos para la variable.

Esto lo realizamos con el objetivo de comparar entre los dos grupos la FIVM de glúteo medio, el valgo dinámico y el DML.

## **Limitaciones del estudio**

- Debido al escaso tiempo que he tenido para realizar este proyecto de fin de grado, he tenido que realizar algunas búsquedas dirigidas, ya que la primera búsqueda no ha podido ser tan específica y extendida como me hubiese gustado.
- El número de sujetos no es muy elevado, por lo que podría no extrapolarse la normalidad de los resultados al resto de la población que presente los mismos criterios de inclusión y exclusión.
- Debido a los limitados recursos y el tiempo de estudio limitado (3 meses), no se puede realizar un seguimiento más cronológico del entrenamiento y de la variación de las variables de un mismo sujeto.
- No hay demasiada evidencia científica en cuanto a que el fortalecimiento de ese músculo pueda disminuir el ángulo q o la situación de la rodilla en la práctica deportiva.

## **Equipo investigador**

- Pablo Martínez Manzano, como investigador principal del estudio. Fisioterapeuta recién graduado (2025) en la Universidad Pontificia Comillas.
- Tres fisioterapeutas con máster en biomecánica deportiva.
- Un readaptador deportivo graduado en ciencias de la actividad física y el deporte, con máster relacionado en biomecánica deportiva.
- Analista de datos relacionados con la salud y experto del sistema y programa SPSS.

## 7. PLAN DE TRABAJO

### Diseño de la intervención

Lo primero que debemos realizar es ponernos en contacto con el Comité Ético de Investigación Clínica (CEIC) (Anexo I) de la Escuela de Enfermería y Fisioterapia “San Juan de Dios” perteneciente a la Universidad Pontificia Comillas, para enviar la solicitud de realizar el estudio en sus instalaciones, concretamente en el laboratorio.

Además, tendremos que hablar con la Real Federación de Fútbol de Madrid para explicar el estudio que se va a realizar y que acepten dicha selección de sujetos para la muestra.

La clínica Ignition Roberto Martín será la que nos deje prestado el equipo dinamométrico MicroFet-2 con el que realizaremos las mediciones de fuerza. Por ello, tendremos que solicitar dicho equipo dos veces, en las mediciones pre-entrenamiento y en las mediciones post-entrenamiento (Anexo VI).

Al aceptarse todas las solicitudes de los espacios ya mencionados, el equipo investigador se debe reunir para comentar los procedimientos necesarios para la realización del estudio. Además, se explicará la importancia de que todas las acciones que se tomen con los sujetos de estudios deben estar supervisadas por, al menos, dos de los fisioterapeutas del equipo. Con esto evitaremos posibles riesgos de sesgo o de una mala realización de los ejercicios propuestos o de las mediciones. El tratamiento de cada grupo debe ser entendido por todos los integrantes de la investigación.

Se creará un correo electrónico por el que se enviará una encuesta, por medio de las bases de datos de la Real Federación de Fútbol de Madrid, por la que podrán apuntarse todos los jugadores que cumplan con las premisas mencionadas, hasta un máximo de la muestra calculada anteriormente. Se enviarán los datos de fecha, hora y lugar de donde se realizarán las entrevistas, mediciones y entrenamientos, generando así dos calendarios, uno para el grupo control y otro para el grupo intervención, para así poder evitar confusiones.

Una vez explicado todo el proceso a cada grupo, enviaremos por ese mismo correo los documentos que deben firmar para poder participar en el estudio. En este punto aleatorizaremos los sujetos con una bolsa llena de 72 papeles, en los que hay 36 papeles en los que está escrito el número 1 y 36 papeles en los que está el número 2. Así, dividiremos la muestra en grupo 1 (control) y grupo 2 (intervención). Como ya he mencionado, recibirán un correo con la información de cuando y donde se realiza la primera medición, así como el resto del calendario de entrenamiento y última medición.

Para realizar las mediciones de las variables de FIVM del glúteo medio, DML y valgo dinámico de rodilla:

- FIVM de glúteo medio: se medirá tres veces la fuerza isométrica voluntaria máxima mediante el dinamómetro manual MicroFet-2. La posición del sujeto será decúbito lateral con una almohada que deje la pierna dominante (la que va a ser medida) en la parte superior a 10 grados de abducción. Se realizará la media de esas tres mediciones y se recogerá como dato comparativo. Esto se realizará con cada sujeto y en los dos días propuestos de medición (pre-entrenamiento y post-entrenamiento).
- DML: se realizará en la plataforma estabilométrica, en la que el sujeto tendrá que aguantar con la pierna dominante 10 segundos mirando al frente y con una postura de tronco erguida. Esto lo hará durante 3 veces, y podremos sacar la media de los 3 datos de la variable desplazamiento medio-lateral obtenidos. Además, como en la variable anterior, se realizará en los dos momentos de medición.
- Valgo dinámico de rodilla: mediante el software gratuito de Kinovea y la cámara del Iphone 15 con los datos de medición correspondientes (23). Realizando 3 caídas sobre el suelo, de las cuales se conseguirá el fotograma con mayor valgo (ángulo q) y se hará la media de los tres fotogramas para obtener un dato más objetivo. También se realizará en la medición pre y post.

Tanto las mediciones como el entrenamiento se realizarán siempre en el laboratorio de la Escuela de Enfermería y Fisioterapia “San Juan de Dios”, localizada en Ciempozuelos. Además, cada grupo de 36 personas se dividirá en 2 grupos de 18 sujetos, A y B. Siendo el grupo 1: grupo 1A y grupo 1B, y el grupo 2: grupo 2A y grupo 2B. Esta subdivisión solo se realizará como orden logístico, de horario y de espacio, no tendrá diferenciación en los análisis de los datos, y tampoco en el programa de recopilación de estos (SPSS).

La variable tratamiento se va a codificar de forma que: el grupo control será asignado con el número 0 y el grupo intervención con el número 1.

La variable momento de evaluación contempla dos puntos temporales:

- Pre-entrenamiento: mediciones obtenidas antes de iniciar el programa de fuerza (día 0, semana 0).
- Post-entrenamiento: mediciones realizadas al finalizar el protocolo, esto es, en la semana 12.

Para evitar sesgos, se establecerá un margen de 48 horas entre la primera medición y la primera sesión de entrenamiento, además, el mismo intervalo se respetará entre el último entrenamiento y la segunda medición. El plan de entrenamiento estará compuesto por 3 sesiones semanales: lunes, miércoles y viernes. De esta forma, garantizamos 48 horas de recuperación. Antes de cada registro se seguirá un calentamiento estandarizado:

- Tres contracciones submáximas del glúteo medio, sosteniendo 5 s cada una.
- Dos apoyos monopodales sobre la pierna dominante, de 10 s por apoyo.

Los sujetos que pertenezcan al grupo control serán los que realicen el entrenamiento convencional, que será el siguiente:

- Sentadilla isométrica con apoyo en la pared:



Realiza 3 series de 30 segundos cada una. Deberá aguantar en la posición con 90º de flexión y de rodilla. Manteniendo los tobillos, rodillas y hombros alineados simétricamente

**ILUSTRACIÓN 1. SENTADILLA ISOMÉTRICA. PHYSITRACK®**

- Puente de glúteo con mancuernas de 5kg cada una (10 en total) en cintura pélvica.



*ILUSTRACIÓN 2. PUENTE DE GLÚTEO CON PESO.  
PHYSITRACK®*

Tendrá que mantener el apoyo de la espalda a la altura de las dorsales altas, una flexión de rodilla de 90º y subir la cadera hasta formar un plano recto entre cintura pélvica y cintura escapular. Deberá realizar 3 series de 10 repeticiones.

- Zancadilla hacia delante



*ILUSTRACIÓN 3. ZANCADILLA  
PRIMER PASO. PHYSITRACK®*



*ILUSTRACIÓN 4. ZANCADILLA SEGUNDO PASO.  
PHYSITRACK®*

Debe realizar 3 series de 10 repeticiones, alternando la pierna de lanzada en cada repetición. La bajada de la cintura pélvica debe ser vertical, y la rodilla de delante no debe sobrepasar la vertical del primer dedo.

- Curl nórdico asistido con banda para permitir mayor control en la fase final (45° -0°).



ILUSTRACIÓN 6. CURL NÓRDICO PRIMER PASO. PHYSITRACK®



ILUSTRACIÓN 5. CURL NÓRDICO PRIMER PASO. PHYSITRACK®

Debido al comprometimiento de los músculos isquiotibiales durante este ejercicio, los sujetos deberán realizar este ejercicio en 3 series de 5 repeticiones.

El grupo de intervención realizará los anteriores ejercicios y les añadiremos los siguientes:

- Saltos laterales:



*ILUSTRACIÓN 8. SALTO LATERAL PRIMER PASO. PHYSITRACK®*



*ILUSTRACIÓN 7. SALTO LATERAL SEGUNDO PASO. PHYSITRACK®*

Se realizarán 3 series de 10 repeticiones a cada lado, en total serán 20 saltos.

- Empuje de la cadena lateral del miembro inferior hacia la pared



*ILUSTRACIÓN 10. EMPUJE ISOMÉTRICO GLÚTEO MEDIO PRIMER PASO. PHYSITRACK®*

- Realizamos 3 series de 10 repeticiones, cargando el peso del cuerpo contra la pared durante 5 segundos. Manteniendo flexión de rodilla de 90º, mientras que la contralateral deberá permanecer a 5º de flexión para conseguir una mejor estabilización.



*ILUSTRACIÓN 9. EMPUJE ISOMÉTRICO GLÚTEO MEDIO SEGUNDO PASO. PHYSITRACK®*

- Abducción de 10º de cadera



ILUSTRACIÓN 11. ABDUCCIÓN DEL MIEMBRO INFERIOR PRIMER PASO. PHYSITRACK®



ILUSTRACIÓN 12. ABDUCCIÓN DEL MIEMBRO INFERIOR SEGUNDO PASO. PHYSITRACK®

El sujeto debe realizar 3 series de 10 repeticiones, manteniendo la posición de abducción de 10º durante 3 segundos. La rodilla que se encuentra en contacto con la camilla debe estar a 90º de flexión.

Como ya he mencionado, los primeros ejercicios los realizará el grupo control, mientras que el grupo intervención realizará todos los que he mencionado, incluyendo los específicos de glúteo medio. Las mediciones de pre y post se realizarán a los dos grupos, como ya hemos mencionado, de tal manera que obtendremos a diferencia (si la hay) entre el grupo que realiza los ejercicios convencionales y el grupo que realiza los convencionales en conjunto con los específicos de glúteo medio.

Es muy importante que las mediciones post-entrenamiento se realicen a las 48 horas de haber finalizado con el último entrenamiento. Una vez obtengamos los datos de medición post podremos analizar la estadística de los datos, y, por tanto, la comparación entre los dos grupos. El objetivo final será la redacción de dichos datos para su futura publicación.

En el caso de que uno de los sujetos quisiese abandonar el proyecto, tendrá a su libre disposición un documento por el que podrá revocar y abandonar el mismo (Anexo VII).

## Etapas de desarrollo

ETAPAS DEL ESTUDIO	FECHAS
Redacción del proyecto	Marzo – Mayo 2025
Aprobación de la solicitud enviada al Comité de Ética de Investigación Clínica	Junio 2025
Reclutamiento de sujetos mediante primer contacto con la Real Federación de Fútbol de Madrid	Julio 2025
Contacto con los participantes y el equipo de investigación. Consentimiento informado y explicación de proyecto	Agosto 2025
Medición pre - entrenamiento	Septiembre 2025
Entrenamiento	Octubre 2025 – Enero 2026
Medición post - entrenamiento	Enero – Febrero 2026
Ánalysis de datos	Febrero – Marzo 2026
Publicación y redacción del estudio	Marzo – Mayo 2026

TABLA 11. ETAPAS Y FECHAS DEL ESTUDIO. ELABORACIÓN PROPIA

## **Lugar de realización del proyecto**

El estudio tendrá lugar en la Escuela Universitaria de Enfermería y Fisioterapia San Juan de Dios de la Universidad Pontificia Comillas. Se encuentra en Ciempozuelos, Madrid.

Esta universidad, cuenta con un laboratorio con el espacio específicamente preparado para realizar mediciones, y más concretamente en el ámbito de la biomecánica deportiva, por lo que será el lugar idóneo para realizarlo. Tanto las mediciones, como los ejercicios propuestos en el proyecto, se deberán realizar allí. Los sujetos estarán acompañados constantemente de los profesionales y equipo investigador mencionado, los cuales supervisarán que se realicen correctamente los ejercicios y mediciones propuestas.

## 8. REFERENCIAS

- 1.Gant H, Ghimire N, Min K, Musa I, Ashraf M, Lawan A. Impact of the Quadriceps Angle on Health and Injury Risk in Female Athletes. *Int J Environ Res Public Health* 2024 Nov 22;21(12):1547. doi: 10.3390/ijerph21121547.
- 2.Peredo López F, Marín Bárcena R, Mecías-Calvo M. LESIÓN DE LIGAMENTO CRUZADO ANTERIOR (LCA) EN FUTBOLISTAS CÁNTABROS. ANÁLISIS DESCRIPTIVO DE LOS FACTORES DE RIESGO.
- 3.Bencke J, Aagaard P, Zebis MK. Muscle Activation During ACL Injury Risk Movements in Young Female Athletes: A Narrative Review. *Front Physiol* 2018 May 15;9:445.
- 4.Grassi A, Macchiarola L, Filippini M, Lucidi GA, Della Villa F, Zaffagnini S. Epidemiology of Anterior Cruciate Ligament Injury in Italian First Division Soccer Players. *Sports Health* 2020;12(3):279–288.
- 5.Requejo-Herrero P, Pineda-Galan C, Medina-Porqueres I. Anterior cruciate ligament ruptures in Spanish soccer first division: An epidemiological retrospective study. *Knee* 2023 Mar;41:48–57.
- 6.Willinger L, Athwal KK, Holthoff S, Imhoff AB, Williams A, Amis AA. Role of the Anterior Cruciate Ligament, Anterolateral Complex, and Lateral Meniscus Posterior Root in Anterolateral Rotatory Knee Instability: A Biomechanical Study. *Am J Sports Med* 2023 Apr;51(5):1136–1145.
- 7.Paulsen F WJ. Sobotta Atlas de anatomía humana Anatomía general y aparato locomotor. 2012;1(23<sup>a</sup> ed).
- 8.Alberto D. Delgado Martínez. Cirugía Ortopédica y Traumatología. 3<sup>a</sup> ed.; 2015.
- 9.Leal FC. Facultad de Educación Pedagogía en Educación Diferencial Guía de Apoyo Anatomofisiología Músculos.
- 10.Otaiza FA, Santiago ML, Abril A, Maynor A, Herrera, Panlar, et al. r-522-1-1343965097.
- 11.Richard Drake, , A. Wayne Vogl, Adam W. M. Mitchell. *Gray's Anatomy for Students E-Book.* : Elsevier Health Sciences, 2009; 2009.
- 12.Maniar N, Cole MH, Bryant AL, Opar DA. Muscle Force Contributions to Anterior Cruciate Ligament Loading. *Sports Med* 2022 -04-18;52(8):1737.
- 13.Lee S, Jung J, Lee S. Gluteus medius muscle activation on stance phase according to various vertical load. *BMR* 2013 -04-29;26(2):159.
- 14.Análisis de la activación isométrica del glúteo medio y la musculatura intrínseca de la planta del pie en la prevención de lesiones en jugadores de baloncesto de élite : estudio piloto = Analysis of the isometric activation of the gluteus medius and the intrinsic musculature of the sole in the prevention of injuries in elite basketball players: a pilot studyEJPOD: European Journal of Podiatry = Revista europea de podología 2018;4:35–44.

15. Lee H, Jung J, Lee S. 2D Single-legged Dynamic Knee Valgus assessments Methods: Evaluating Risk Factor for Internal Derangement of the Knee; Literature Review. *Phys Ther Rehabil Sci* 2024 -06-30;13(2):240.
16. Horton MG, Hall TL. Quadriceps femoris muscle angle: normal values and relationships with gender and selected skeletal measures. *Phys Ther* 1989 Nov;69(11):897–901.
17. Irawan DS, Huoth C, Sinsurin K, Kiratisin P, Vachalathiti R, Richards J. Concurrent Validity and Reliability of Two-dimensional Frontal Plane Knee Measurements during Multi-directional Cutting Maneuvers. *Int J Sports Phys Ther* 2022 Feb 2;17(2):148–155.
18. Sharma R, Vaibhav V, Meshram R, Singh B, Khorwal G. A Systematic Review on Quadriceps Angle in Relation to Knee Abnormalities. *Cureus* 2023 -01-29.
19. Carrasco-Uribarren A, Marimon X, Dantony F, Cabanillas-Barea S, Portela A, Ceballos-Laita L, et al. A Computer Vision-Based Application for the Assessment of Head Posture: A Validation and Reliability Study. *Applied Sciences* 2023 -03-19;13(6).
20. Dingenen B, Malliaras P, Janssen T, Ceyssens L, Vanelderden R, Barton CJ. Two-dimensional video analysis can discriminate differences in running kinematics between recreational runners with and without running-related knee injury. *Phys Ther Sport* 2019 Jul;38:184–191.
21. Puig-Diví A, Escalona-Marfil C, Padullés-Riu JM, Busquets A, Padullés-Chando X, Marcos-Ruiz D. Validity and reliability of the Kinovea program in obtaining angles and distances using coordinates in 4 perspectives. *PLoS One* 2019 Jun 5;14(6):e0216448.
22. Balsalobre-Fernández C, Tejero-González CM, del Campo-Vecino J, Bavaresco N. The concurrent validity and reliability of a low-cost, high-speed camera-based method for measuring the flight time of vertical jumps. *J Strength Cond Res* 2014 Feb;28(2):528–533.
23. Dingenen B, Malliaras P, Janssen T, Ceyssens L, Vanelderden R, Barton CJ. Two-dimensional video analysis can discriminate differences in running kinematics between recreational runners with and without running-related knee injury. *Phys Ther Sport* 2019 Jul;38:184–191.
24. Asaeda M, Onishi T, Ito H, Miyahara S, Mikami Y. Reliability and validity of knee valgus angle calculation at single-leg drop landing by posture estimation using machine learning. *Heliyon* 2024 -08-23;10(17).
25. Aghdam HA, Kavyani M, Bosak M, Karimi MT, Motififard M. Evaluation of the Stability of the Subjects with Anterior Cruciate Injuries Reconstruction. *J Knee Surg* 2021 Dec;34(14):1527–1530.
26. Bisson EJ, McEwen D, Lajoie Y, Bilodeau M. Effects of ankle and hip muscle fatigue on postural sway and attentional demands during unipedal stance. *Gait Posture* 2011 Jan;33(1):83–87.
27. Kim K, Kim J, Grooms DR. Stroboscopic Vision to Induce Sensory Reweighting During Postural Control. *J Sport Rehabil* 2017 Sep 1;26(5):10.1123/jsr.2017-0035. Epub 2017 Jun 12.

- 28.Błażkiewicz M, Kędziora J, Hadamus A. The Impact of Visual Input and Support Area Manipulation on Postural Control in Subjects after Osteoporotic Vertebral Fracture. *Entropy (Basel)* 2021 Mar 20;23(3):375. doi: 10.3390/e23030375.
- 29.Paillard T, Noé F, Rivière T, Marion V, Montoya R, Dupui P. Postural performance and strategy in the unipedal stance of soccer players at different levels of competition. *J Athl Train* 2006;41(2):172–176.
- 30.Soomro RR, Karimi H, Gillani SA. Reliability of hand-held dynamometer in measuring gluteus medius isometric muscle strength in healthy population. *Pak J Med Sci* 2022;38(5):1238–1242.
- 31.Buckinx F, Croisier J, Reginster J, Dardenne N, Beaudart C, Slomian J, et al. Reliability of muscle strength measures obtained with a hand-held dynamometer in an elderly population. *Clin Physiol Funct Imaging* 2017 May;37(3):332–340.
- 32.Grootswagers P, Vaes AMM, Hangelbroek R, Tieland M, van Loon LJC, de Groot, Lisette C P G M. Relative Validity and Reliability of Isometric Lower Extremity Strength Assessment in Older Adults by Using a Handheld Dynamometer. *Sports Health* 2022;14(6):899–905.
- 33.Neumann DA. Kinesiology of the hip: a focus on muscular actions. *J Orthop Sports Phys Ther* 2010 Feb;40(2):82–94.
- 34.Dischiavi SL, Wright AA, Heller RA, Love CE, Salzman AJ, Harris CA, et al. Do ACL Injury Risk Reduction Exercises Reflect Common Injury Mechanisms? A Scoping Review of Injury Prevention Programs. *Sports Health: A Multidisciplinary Approach* 2025 -05-20;14(4):592.
- 35.Rahlf AL, Zech A. Comparison of 10 vs. 20 min neuromuscular training for the prevention of lower extremity injuries in male youth football: A cluster randomised controlled trial. *J Sports Sci* 2020 Oct;38(19):2177–2185.
- 36.Ueno R, Navacchia A, DiCesare CA, Ford KR, Myer GD, Ishida T, et al. Knee abduction moment is predicted by lower gluteus medius force and larger vertical and lateral ground reaction forces during drop vertical jump in female athletes. *J Biomech* 2020 Apr 16;103:109669.
- 37.Lashien SA, Abdelnaeem AO, Gomaa EF. Effect of hip abductors training on pelvic drop and knee valgus in runners with medial tibial stress syndrome: a randomized controlled trial. *J Orthop Surg Res* 2024 Oct 29;19(1):700–3.
- 38.Palmer K, Hebron C, Williams JM. A randomised trial into the effect of an isolated hip abductor strengthening programme and a functional motor control programme on knee kinematics and hip muscle strength. *BMC Musculoskelet Disord* 2015 May 3;16:105–9.
- 39.Engkananuwat P, Kanlayanaphotporn R. Gluteus medius muscle strengthening exercise effects on medial longitudinal arch height in individuals with flexible flatfoot: a randomized controlled trial. *J Exec Rehabil* 2023 Feb 23;19(1):57–66.
- 40.Inacio M, Creath R, Rogers MW. Low-dose hip abductor-adductor power training improves neuromechanical weight-transfer control during lateral balance recovery in older adults. *Clin Biomech (Bristol)* 2018 Dec;60:127–133.

- 41.Khayambashi K, Mohammadkhani Z, Ghaznavi K, Lyle MA, Powers CM. The effects of isolated hip abductor and external rotator muscle strengthening on pain, health status, and hip strength in females with patellofemoral pain: a randomized controlled trial. *J Orthop Sports Phys Ther* 2012 Jan;42(1):22–29.
- 42.American College of Sports Medicine. American College of Sports Medicine position stand. Progression models in resistance training for healthy adults. *Med Sci Sports Exerc* 2009 Mar;41(3):687–708.
- 43.Bickel CS, Slade J, Mahoney E, Haddad F, Dudley GA, Adams GR. Time course of molecular responses of human skeletal muscle to acute bouts of resistance exercise. *J Appl Physiol* (1985) 2005 Feb;98(2):482–488.
- 44.Heick JD, Talkington M, Jain T. Electromyographic Analysis of Gluteal Recruitment: an Exploration of Activation during Jumping Tasks. *Int J Sports Phys Ther* 2020 Dec;15(6):1019–1028.

## 9. ANEXOS

### ANEXO I. SOLICITUD AL COMITÉ ÉTICO DE INVESTIGACIÓN CLÍNICA (CEIC)

Pablo Martínez Manzano, como investigador principal, en la Escuela de Enfermería y Fisioterapia San Juan de Dios, con Documento Nacional de Identidad \_\_\_\_\_, y domicilio social en \_\_\_\_\_, Madrid.

#### **EXPONE:**

Se propone realizar el ensayo clínico: «*Eficacia del entrenamiento de fuerza del glúteo medio en relación con un valor anormal del ángulo Q de rodilla en jugadores de fútbol masculino*», el cual se llevará a cabo en la Escuela de Enfermería y Fisioterapia San Juan de Dios, ubicada en la Avenida San Juan de Dios 1, Ciempozuelos (28350), Madrid.

El estudio se ejecutará conforme al diseño previsto, cumpliendo la normativa española vigente sobre ensayos clínicos y observando los principios éticos internacionales, en particular la versión más reciente de la Declaración de Helsinki.

Se acompaña la siguiente documentación:

- Protocolo íntegro del ensayo clínico
- Manual del investigador
- Declaraciones de idoneidad de las instalaciones, del investigador principal y del resto del equipo investigador.
- Hoja informativa destinada a los participantes.
- Modelos de consentimiento informado firmados por los sujetos.

Firmado:

Pablo Martínez Manzano  
Investigador principal

En Madrid a \_\_\_\_ de \_\_\_\_\_ del 2025

## ANEXO II. EXPLICACIÓN DEL PROYECTO

En este documento encontrará una descripción detallada de todas las características del estudio en el que desea participar. Para incorporarse a él, es indispensable que comprenda plenamente cada uno de sus apartados.

El ensayo «*Eficacia del entrenamiento de fuerza del glúteo medio en relación con un valor anormal del ángulo Q de rodilla en jugadores de fútbol masculino*» se llevará a cabo únicamente tras recibir la aprobación del Comité Ético de Investigación Clínica.

Para participar será preciso cumplimentar un formulario con sus datos personales; estos se conservarán en estricta confidencialidad y no se divulgarán en ningún caso, de acuerdo con la Ley Orgánica 3/2018 de Protección de Datos. Al incorporarse al estudio, se le asignará un código identificativo que se empleará durante todo el proceso de investigación.

La investigación se desarrollará en la Escuela de Enfermería y Fisioterapia San Juan de Dios, ubicada en la Avenida San Juan de Dios, en Ciempozuelos (Madrid).

El objetivo de este estudio es evaluar la eficacia del entrenamiento de glúteo medio junto al entrenamiento convencional frente al entrenamiento convencional en jugadores de fútbol con valores anormales de ángulo q. Para ello, se medirán las siguientes variables:

- Fuerza isométrica voluntaria máxima de glúteo medio
- Desplazamiento medio-lateral de la rodilla
- Valgo dinámico de rodilla

La FIVM de glúteo medio será medida con un dinamómetro manual, con 3 contracciones máximas de 5 segundos cada una con una abducción de cadera de 10°.

El DML será medido mediante una plataforma estabilométrica, realizando un apoyo monopodal, mirando al frente y serán 3 mediciones de 10 segundos cada una.

El valgo dinámico de rodilla se medirá mediante un fotograma sacado de un vídeo de un iphone 15 y el software kinovea. Se realizará la media de los 3 fotogramas que utilicemos.

Se realizarán dos mediciones de todas las variables anteriores, la pre-entrenamiento y la post-entrenamiento. La primera se realizará la semana 0, antes de comenzar con los entrenamientos, y la segunda 48h después de finalizar los entrenos (semana 12).

Antes de la medición, se realizará un calentamiento en el que se realizarán 3 contracciones submáximas de glúteo medio de 5 segundos cada una.

El estudio incluirá dos grupos de tratamiento, y los participantes se distribuirán entre ellos de forma aleatoria. Para las evaluaciones y las sesiones de intervención, se le pide que acuda con ropa deportiva y pantalón corto.

Cada grupo acudirá a unas horas específicas al lugar de realización a unas horas específicas, siempre separando los grupos. Los días de entrenamiento serán lunes, miércoles y viernes, en estos días, cada grupo tiene unos entrenamientos y unos ejercicios específicos.

El grupo 1 realizará un programa de ejercicios convencionales 3 días a la semana durante 12 semanas consecutivas. El grupo 2 realizará los mismos ejercicios, pero añadiendo a estos los específicos de glúteo medio.

Cuando finalicen los entrenamientos el viernes de la semana 12, se realizarán mediciones a las 48h, que serán las post-entrenamiento.

Podrá retirarse del estudio en cualquier momento, siempre que así lo desee y complete la documentación correspondiente.

Al firmar este documento, usted confirma que ha recibido la información necesaria sobre la planificación y los objetivos del estudio.

Firmado:

En Ciempozuelos, a \_\_ de \_\_\_\_\_ del 20\_\_

### ANEXO III. CONSENTIMIENTO INFORMADO

Dña. \_\_\_\_\_, con DNI \_\_\_\_\_ afirmo que se me ha informado sobre el estudio de investigación *“Eficacia del entrenamiento de fuerza del glúteo medio en relación con un valor anormal del ángulo Q de rodilla en jugadores de fútbol masculino”*.

Declaro que he comprendido en su totalidad la información expuesta en la Hoja de Información al Paciente—incluidos los objetivos, el desarrollo y los posibles riesgos de la intervención—y que he tenido ocasión de plantear todas las preguntas que consideré oportunas acerca de los procedimientos y tratamientos del estudio. Con mi firma, doy mi consentimiento para que los fisioterapeutas del equipo investigador me apliquen la intervención descrita.

Asimismo, aseguro haber cumplimentado toda la documentación de forma honesta y veraz, y confirmo que reúno los requisitos exigidos para participar en el estudio.

De manera voluntaria y consciente, acepto participar en este ensayo y autorizo la publicación de mis resultados—invariablemente de forma anónima—por parte del equipo investigador, sabiendo que no recibiré compensación económica alguna por mi participación.

Igualmente, he sido informada de que puedo retirarme del estudio en cualquier momento sin repercusiones económicas ni legales, siempre que complete la Hoja de Revocación correspondiente.

Finalmente, certifico que he recibido una copia tanto de la Hoja de Información al Paciente como de este Consentimiento Informado.

Firmado:

En Ciempozuelos, a \_\_\_\_ de \_\_\_\_ del 20\_\_\_\_

Yo, Pablo Martínez Manzano, con DNI \_\_\_\_\_, fisioterapeuta e investigador de la Escuela de Enfermería y Fisioterapia San Juan de Dios de la Universidad Pontificia Comillas, certifico que he proporcionado al participante toda la información necesaria sobre los procedimientos descritos en este documento. Del mismo modo, confirmo que, antes de su ejecución, he verificado que el sujeto cumple todos los criterios de inclusión y que he adoptado las precauciones pertinentes para su adecuada aplicación.

Firmado:

## **ANEXO IV. DATOS PERSONALES**

La información recopilada se tratará con absoluta confidencialidad y quedará bajo la custodia exclusiva del investigador responsable. Ningún dato personal se mostrará ni se divulgará durante el desarrollo del estudio. Estos datos se reúnen únicamente para remitir a cada participante los resultados, tanto en formato digital (correo electrónico) como en formato físico (envío postal).

Nombre:

Apellidos:

Edad:

Correo electrónico:

Dirección:

Código postal:

Localidad:

Firmado:

En Ciempozuelos a \_\_\_\_ de \_\_\_\_ del 20\_\_\_\_

## ANEXO V. DATOS DE ESTUDIO

CÓDIGO DE IDENTIFICACIÓN:		
GRUPO 1: O	GRUPO 2: O	
	PRE	POST
FIVM GLÚTEO MEDIO		
DML		
VALGO DINÁMICO RODILLA		

Comentarios sobre el sujeto de estudio:

## ANEXO VI. SOLICITUD DE UTILIZACIÓN DE HERRAMIENTAS DE MEDICIÓN

Pablo Martínez Manzano, como investigador principal, en la Escuela de Enfermería y Fisioterapia San Juan de Dios, con Documento Nacional de Identidad \_\_\_\_\_, y domicilio social en \_\_\_\_\_, Madrid.

### **EXPONE:**

Se propone realizar el ensayo clínico: «*Eficacia del entrenamiento de fuerza del glúteo medio en relación con un valor anormal del ángulo Q de rodilla en jugadores de fútbol masculino*», el cual se llevará a cabo en la Escuela de Enfermería y Fisioterapia San Juan de Dios, ubicada en la Avenida San Juan de Dios 1, Ciempozuelos (28350), Madrid.

Se solicita a la Clínica Ignition Roberto Martín, por medio de este, la utilización del dinamómetro Micro-Fet2 para el estudio comentado. Necesitando este en dos ocasiones, las mediciones pre-entrenamiento y las mediciones post-entrenamiento.

El estudio se ejecutará conforme al diseño previsto, cumpliendo la normativa española vigente sobre ensayos clínicos y observando los principios éticos internacionales, en particular la versión más reciente de la Declaración de Helsinki.

Se acompaña la siguiente documentación:

- Protocolo íntegro del ensayo clínico
- Manual del investigador
- Declaraciones de idoneidad de las instalaciones, del investigador principal y del resto del equipo investigador.
- Hoja informativa destinada a los participantes.
- Modelos de consentimiento informado firmados por los sujetos.

Firmado:

Pablo Martínez Manzano  
Investigador principal

En Madrid a \_\_\_\_ de \_\_\_\_\_ del 2025

## ANEXO VII. SOLICITUD DE REVOCACIÓN

D. \_\_\_\_\_, con DNI \_\_\_\_\_, en fecha \_\_\_\_ de \_\_\_\_\_ de 20\_\_\_\_, ejercito mi derecho a retirar el consentimiento informado que suscribí el \_\_\_\_ de \_\_\_\_\_ de 20\_\_\_\_, por el que aceptaba participar en el estudio «*Eficacia del entrenamiento de fuerza del glúteo medio en relación con un valor anormal del ángulo Q de rodilla en jugadores de fútbol masculino*».

Y para que conste, firmo el presente documento.

Firmado:

En Madrid a \_\_\_\_ de \_\_\_\_\_ del 2025