

UNIVERSIDAD MIGUEL HERNÁNDEZ DE ELCHE

FACULTAD DE MEDICINA

TRABAJO FIN DE GRADO

GRADO EN FISIOTERAPIA



UNIVERSITAS
Miguel Hernández

Análisis de la actividad electromiográfica tras una contracción isométrica máxima de los músculos glúteo medio y mayor en deportistas sanos y con reconstrucción de LCA: Estudio observacional.

AUTOR: Moya Gabaldón, Carlos

TUTOR: Poveda Pagán, Emilio J.

Departamento: Patología y Cirugía

COTUTOR: Hernández Sánchez, Sergio

Curso académico 2025-2026.

Convocatoria de Junio

ÍNDICE

RESUMEN	2
ABSTRACT.....	3
1. INTRODUCCIÓN.....	4
2. OBJETIVO - PREGUNTA DE INVESTIGACIÓN	7
3. MATERIAL Y MÉTODOS.....	9
4. RESULTADOS	21
5. DISCUSIÓN	27
6. CONCLUSIONES	30
7. ANEXOS	31
8. BIBLIOGRAFÍA	46



Listado completo de abreviaturas

LCA → Ligamento cruzado anterior

EMG → Electromiografía

sEMG → Electromiografía de superficie

MVIC → Contracción voluntaria isométrica máxima

Gm → Glúteo medio

GMax → Glúteo mayor

IKDC → International Knee Documentation Committee

TSK-11 → Tampa Scale of Kinesiophobia - 11

RFD → Rate of Force Development

GCa → Grupo de casos

GCo → Grupo control

ATS → ANOVA - Type Statistic

MATS → Multivariate ANOVA - Type Statistic

Q1 - Q3 → Rango intercuartílico

cm → Centímetros

kg → Kilogramos

RM → Repetición máxima

RESUMEN

Introducción. La reconstrucción del ligamento cruzado anterior (LCA) puede generar alteraciones neuromusculares persistentes incluso tras el retorno deportivo. La musculatura glútea desempeña un papel relevante en el control proximal y la estabilidad dinámica de la rodilla.

Objetivo. Analizar la actividad electromiográfica y la producción de fuerza de la musculatura glútea en deportistas intervenidos de reconstrucción de LCA y compararla con sujetos sanos mediante dinamometría manual y electromiografía de superficie durante contracciones voluntarias isométricas máximas (MVIC).

Material y métodos. Estudio observacional, analítico y transversal de casos y controles. Participaron 28 deportistas jóvenes divididos en grupo intervenido de LCA (n=12) y grupo control (n=16). Se evaluó la fuerza media, fuerza máxima y tiempo hasta alcanzar la fuerza máxima del glúteo medio y mayor mediante dinamometría manual, así como la actividad electromiográfica durante pruebas MVIC. Además, se realizó un análisis multivariante semiparamétrico considerando sexo y grupo clínico.

Resultados. No se observaron diferencias estadísticamente significativas entre sujetos sanos y operados en las variables electromiográficas y dinamométricas analizadas. Sin embargo, los hombres presentaron valores superiores de fuerza isométrica máxima y media respecto a las mujeres en diversas variables relacionadas con la musculatura glútea. Asimismo, algunas variables relacionadas con el tiempo hasta alcanzar la fuerza máxima mostraron diferencias según el sexo. El análisis multivariante mostró un efecto significativo del sexo, pero no del grupo clínico.

Conclusiones. Los deportistas intervenidos de reconstrucción de LCA presentaron valores electromiográficos y dinamométricos similares a sujetos sanos durante pruebas isométricas máximas. El sexo podría influir en mayor medida que el estado clínico sobre las variables neuromusculares analizadas.

Palabras clave. Ligamento cruzado anterior; electromiografía de superficie; dinamometría manual; glúteo medio; glúteo mayor.

ABSTRACT

Introduction. Anterior cruciate ligament (ACL) reconstruction may lead to persistent neuromuscular alterations even after return to sport. Gluteal musculature, particularly the gluteus medius and gluteus maximus, plays an important role in proximal lower-limb control and dynamic knee stability.

Objective. To analyze electromyographic activity and force production of the gluteal musculature in athletes who underwent ACL reconstruction and compare them with healthy subjects using hand-held dynamometry and surface electromyography during maximal voluntary isometric contractions (MVIC).

Materials and methods. An observational, analytical, cross-sectional case-control study was conducted. Twenty-eight young athletes participated and were divided into an ACL reconstruction group ($n = 12$) and a healthy control group ($n = 16$). Mean force, maximal force, and time to peak force of the gluteus medius and gluteus maximus were assessed using hand-held dynamometry, while electromyographic activity was recorded during MVIC testing. Descriptive analyses, intra and intergroup comparisons, and a semiparametric multivariate analysis considering sex and clinical group were performed.

Results. No statistically significant differences were found between healthy and operated subjects in the electromyographic and dynamometric variables analyzed. However, men showed higher maximal and mean isometric force values than women in several gluteal muscle variables. In addition, some variables related to time to peak force differed according to sex. Multivariate analysis showed a significant effect to sex, but not of clinical group.

Conclusions. Athletes who underwent ACL reconstruction showed electromyographic and dynamometric values similar to healthy subjects during maximal isometric testing. Sex may have a greater influence than clinical status on the neuromuscular variables analyzed.

Keywords. Anterior cruciate ligament; surface electromyography; hand-held dynamometry; gluteus medius; gluteus maximus.

1. INTRODUCCIÓN

El ligamento cruzado anterior (LCA) es una de las estructuras anatómicas de la rodilla que más frecuentemente se lesionan y que debilitan al deportista profesional [1]. Las lesiones de LCA suelen ocurrir en deportes de equipo y que se juegan con balón como fútbol, baloncesto o balonmano, donde se realizan tanto saltos, como cambios de dirección, aterrizajes... [2]. Esta lesión tiene una alta gravedad, debido a los altos costes económicos y sociales, dejando al deportista fuera de los terrenos de juego durante meses y con una alta carga emocional [3]. Además, esta gravedad aumenta cuando el 20% de los deportistas que vuelven a la actividad deportiva, sufren una recidiva, ya sea de la rodilla previamente lesionada o de la contralateral [4].

La incidencia anual de este tipo de lesiones en deportistas profesionales es de 0.21 a 3.67%, comparado con el 0.03% de la población general [1]. Según Larwa et al. la incidencia de ruptura es de 1 en 3500 dentro de la población de atletas, y, además, encontraron que las mujeres tienen más riesgo de lesión en comparación con la población masculina [5]. La incidencia general en la población femenina es de 0.081 lesiones por cada 1000 exposiciones, mientras que, en la población masculina, esa incidencia desciende hasta el 0.05 por cada 1000 exposiciones [6].

En cuanto al mecanismo lesional, más de dos tercios de las lesiones se producen sin contacto o con un contacto mínimo, produciéndose de tres formas distintas: un pinzamiento del cóndilo femoral medial con la escotadura intercondílea, una fuerte contracción del cuádriceps, produciendo una hiperextensión de rodilla y las situaciones en las que se produce el valgo dinámico de rodilla [7, 8].

Dentro de los factores de riesgo intrínsecos, propios del deportista, nos encontramos con el sexo, que tiene mayor incidencia en mujeres, la edad, anatomía y genética [9]; por otro lado, en los factores extrínsecos encontraríamos variables como el tipo de deporte, siendo más prevalente en deportes de equipo y contacto, el momento de exposición, siendo más común la lesión durante la competición, la superficie, el tipo de calzado, etcétera [10].

Otro de los factores de riesgo es el déficit de fuerza muscular, en concreto de los músculos glúteo medio (Gm) y glúteo mayor (GMax) [11]. Rinaldi et al. observaron que una menor fuerza de abducción de

cadera, función realizada por Gm, se relaciona con mayor ángulo de valgo dinámico de rodilla y, por tanto, con mayor riesgo de sufrir lesión de ligamento cruzado anterior sin contacto [12]. En esta línea, Powers describe cómo las alteraciones biomecánicas y el déficit de control proximal de cadera pueden modificar la cinemática de la rodilla y favorecer mecanismos lesionales asociados al LCA [13].

Además de los déficits de fuerza, algunas investigaciones sugieren que los pacientes con reconstrucción de LCA pueden presentar alteraciones en el control neuromuscular y en los patrones de activación muscular, incluso después de recuperar niveles funcionales adecuados. Esto puede modificar la estabilidad lumbopélvica y el control dinámico del miembro inferior, aumentando potencialmente el riesgo de recidiva [14, 11, 15].

Moiroux-Sahraoui et al., en un estudio piloto, combinaron las pruebas de electromiografía de superficie para medir la activación de la musculatura glútea, con la contracción isométrica voluntaria máxima (MVIC), utilizada como referencia para la normalización de la señal electromiográfica. La electromiografía de superficie (EMG) permite analizar de forma objetiva la actividad eléctrica muscular y estudiar así el comportamiento neuromuscular durante diferentes tareas. Combinada con pruebas de dinamometría isométrica, proporciona información no solo sobre la capacidad de producción de fuerza, sino también sobre la estrategia de activación muscular [14]. En este sentido, la contracción voluntaria isométrica máxima (MVIC) constituye una herramienta ampliamente utilizada para la normalización de la señal electromiográfica, permitiendo comparar la activación muscular entre sujetos y entre extremidades [16, 17].

Aunque existe evidencia sobre los déficits de fuerza posteriores a la reconstrucción del LCA, la literatura actual todavía es limitada respecto al análisis específico de la actividad electromiográfica del glúteo medio y mayor durante pruebas isométricas máximas en deportistas. Asimismo, no está completamente clara la relación entre la producción de fuerza y los patrones de activación neuromuscular en este tipo de población, dificultando la comprensión de las posibles asimetrías tras la cirugía [11, 12, 14].

Por ello, nos planteamos analizar la actividad electromiográfica y la producción de fuerza de la musculatura glútea en deportistas intervenidos de reconstrucción de LCA con el objetivo de identificar

posibles alteraciones neuromusculares y asimetrías funcionales respecto a sujetos sanos. El estudio utilizará pruebas de dinamometría manual y electromiografía de superficie durante contracciones voluntarias isométricas máximas (MVIC) del glúteo medio y glúteo mayor.



2. OBJETIVO - PREGUNTA DE INVESTIGACIÓN

Objetivo General.

Analizar la actividad electromiográfica y la producción de fuerza de la musculatura glútea en deportistas intervenidos de reconstrucción de LCA y compararla con sujetos sanos mediante pruebas de dinamometría manual y electromiografía de superficie durante contracciones voluntarias isométricas máximas (MVIC).

Objetivos Específicos.

1. Comparar los valores de fuerza isométrica máxima, fuerza media y tiempo hasta alcanzar la fuerza máxima del glúteo medio y glúteo mayor entre deportistas intervenidos de reconstrucción de LCA y sujetos sanos mediante dinamometría manual.
2. Comparar la actividad electromiográfica del glúteo medio y mayor durante las pruebas de contracción voluntaria isométrica máxima (MVIC) entre deportistas intervenidos de reconstrucción de LCA y sujetos sanos.
3. Analizar posibles diferencias según el sexo en las variables de fuerza isométrica y actividad electromiográfica estudiadas.
4. Analizar conjuntamente las variables electromiográficas y dinamométricas mediante un análisis multivariante considerando el sexo y el estado clínico de los participantes.

Pregunta de Investigación

¿Existen diferencias en la actividad electromiográfica y fuerza del glúteo medio y mayor (O-Outcome/Resultado) durante contracciones isométricas máximas (I-Intervención/Estudio) entre deportistas con reconstrucción de LCA (P-Población) y sujetos sanos (C-Comparación) durante el curso 2025-2026 (T-Tiempo)? [18]

Hipótesis

“Se espera observar que los deportistas intervenidos de reconstrucción de LCA presentarán menores valores de fuerza isométrica y actividad electromiográfica del glúteo medio y glúteo mayor respecto al grupo control”.

“Se espera que exista una relación entre la producción de fuerza y la actividad electromiográfica de la musculatura glútea durante las pruebas MVIC”.

“Se espera observar que los sujetos intervenidos de reconstrucción de LCA presenten un mayor tiempo hasta alcanzar la fuerza máxima durante las pruebas isométricas respecto al grupo control”.

3. MATERIAL Y MÉTODOS

El trabajo forma parte de un protocolo de investigación más amplio que se ha llevado a cabo por un grupo de trabajo compuesto por cuatro investigadores, en el que se evalúan diferentes variables. Sin embargo, este trabajo de fin de grado se centra específicamente en el análisis de la actividad electromiográfica y la producción de fuerza de la musculatura glútea durante pruebas de contracción voluntaria isométrica máxima (MVIC), mediante electromiografía de superficie y dinamometría manual.

Diseño

El presente estudio se trata de un estudio observacional, analítico y transversal de casos y controles. La muestra estuvo dividida en dos grupos: un grupo de casos (GCa), formado por deportistas que han sido intervenidos de reconstrucción de LCA, y un grupo control (GCo), compuesto por sujetos sanos de características similares y sin antecedentes de lesión de LCA. Además, cada uno de estos grupos es subdividido en mujeres y hombres, para obtener posibles diferencias por sexo.

El estudio tuvo un carácter comparativo entre grupos, analizando tanto diferencias intergrupo como posibles asimetrías entre las extremidades.

El protocolo de estudio fue aprobado por la oficina de Investigación Responsable de la Universidad Miguel Hernández de Elche con el código COIR: TFG.GFLEJPP.CMG.260421

El estudio se llevó a cabo en las instalaciones de la Universidad Miguel Hernández de Elche, en concreto en el edificio Concepción Aleixandre, del campus de San Juan de Alicante.

Procedimiento de recogida de datos

El protocolo de recogida de datos se dividió en dos sesiones: una sesión inicial de familiarización y una segunda sesión destinada a la recogida de datos. Ambas sesiones estuvieron separadas por un mínimo de 48 horas con el objetivo de minimizar posibles efectos de fatiga o aprendizaje entre sesiones. Además, el orden de realización de las pruebas isométricas y dinámicas, así como la extremidad evaluada en

primer lugar, fue aleatorizado mediante la plataforma Randomized® con el objetivo de minimizar posibles sesgos relacionados con el orden de ejecución, la fatiga o el aprendizaje.

El procedimiento general de recogida de datos seguido durante el estudio se resume en la Figura 1.



Figura 1. Procedimiento general de recogida de datos.

Primera sesión: Familiarización

En primer lugar, se informó a los participantes, es decir, aquellos sujetos seleccionados para el estudio a través del cuestionario inicial (ANEXO 3), del procedimiento a realizar. También, se entregó un documento para la firma del consentimiento informado (ANEXO 1), una escala para medir el dolor y la funcionalidad de rodilla (ANEXO 4) y el cuestionario TSK-11 para identificar la kinesiofobia del paciente (ANEXO 5). Además, antes de finalizar la sesión se procedió a calcular el 12RM para el deadlift unipodal y a la práctica de los saltos, el drop jump y el squat jump. Esta primera sesión tuvo una duración de 30 minutos aproximadamente.

Segunda sesión: Recogida de datos

Esta segunda sesión estuvo compuesta por varias fases: Calentamiento, colocación de los electrodos para la electromiografía, test de fuerza isométrica mediante dinamometría manual y ejercicios dinámicos. La duración de esta segunda sesión fue de una hora aproximadamente, debido al descanso entre ejercicios y la cantidad de estos. El material que necesitamos para la recogida de datos estará reflejado en el ANEXO 6.

Participantes

La muestra del estudio estuvo compuesta por población deportista adulta joven, perteneciente a la provincia de Alicante que aceptaron participar voluntariamente en el proyecto. Se contactó con diferentes entidades deportivas (fútbol, baloncesto, voleibol, balonmano y bádminton) mediante un muestreo no probabilístico por conveniencia. Finalmente, la muestra estuvo compuesta por 28 participantes distribuidos entre el grupo intervenido de LCA y el grupo control. En la Figura 2, podemos observar cómo fue la distribución de la muestra.

Después de ser informados del protocolo de investigación (ANEXO 2), aquellos sujetos que desearon participar en el estudio debieron cumplir las siguientes características recogidas en la Tabla 1.

Tabla 1: Criterios de inclusión/exclusión

Criterios de Inclusión	
• Actualmente en activo federativamente, o en los últimos 5 años • Edad: 18 - 35 años • Ambos sexos • Firma del consentimiento informado • Deportes: fútbol, baloncesto, voleibol, balonmano y bádminton.	
Grupo Intervenido	Grupo No Intervenido
• Cirugía previa de LCA en los últimos 5 años con un mínimo de 6 meses desde la cirugía	• No cirugía previa de LCA ni otra estructura de la rodilla
Criterios de Exclusión	
• Dolor en miembros inferiores en el momento de la prueba • Lesiones importantes de miembros inferiores en los 6 meses anteriores a la realización de la prueba • Enfermedad cardiovascular, neurológica o metabólica (o cualquier otra enfermedad grave) que no permita la realización de alguna de las pruebas • Consumo de fármacos de manera habitual o en el momento de la prueba • Herida o intervenciones quirúrgicas recientes que no permitan el buen desarrollo del protocolo	

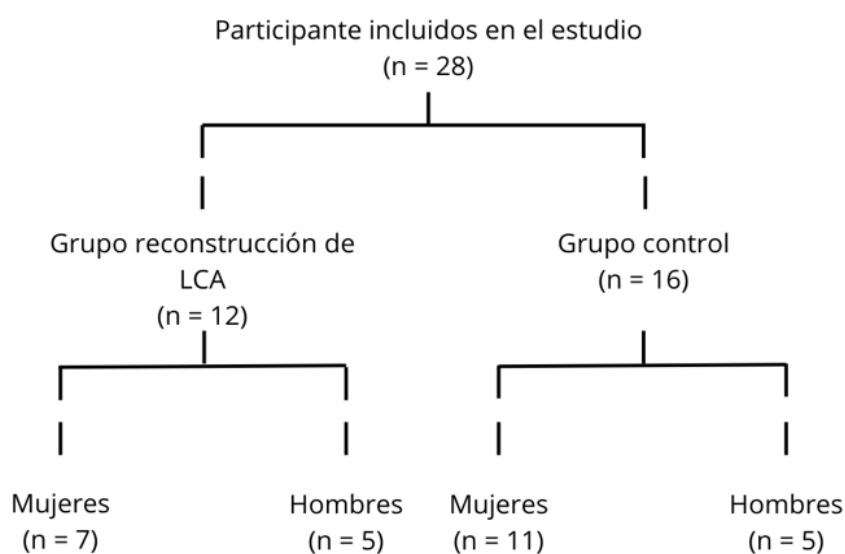


Figura 2. Diagrama de flujo de la distribución de la muestra del estudio.

Variables

Para llevar a cabo el estudio se seleccionaron variables neuromusculares y clínicas relacionadas con la función glútea y el estado funcional de la rodilla. El conjunto de variables dependientes e independientes se recoge en la Tabla 2, mostrando sus características principales.

Tabla 2. Variables y sus características

Variables	Tipo de variable	Definición	Método Instrumento medición	Unidad / Escala de medición
Cirugía previa de LCA	Independiente	Intervención previa de ligamentoplastia del LCA por parte del sujeto	Cuestionario	Sí / No
Dolor y funcionalidad de la rodilla	Independiente	Valoración subjetiva del estado funcional de la rodilla	Cuestionario de rodilla	Valor numérico (0 - 100)
Kinesiofobia	Independiente	Miedo al movimiento o a la recidiva de lesión	Cuestionario TSK-11	Valor numérico
Tiempo hasta fuerza máxima	Dependiente	Tiempo necesario para alcanzar el pico máximo de fuerza	Dinamometría manual	Segundos
Edad	Independiente	Edad del participante	Cuestionario inicial	Años
Sexo	Independiente	Sexo del participante	Cuestionario inicial	Hombre / Mujer
Altura	Independiente	Talla del participante	Cuestionario inicial	Centímetros (cm)
Peso	Independiente	Masa corporal del participante	Cuestionario inicial	Kilogramos (kg)
Deporte practicado	Independiente	Modalidad deportiva	Cuestionario inicial	Categoría
Lado dominante	Independiente	Extremidad dominante del participante	Cuestionario inicial	Derecho / Izquierdo

Lado intervenido	Independiente	Extremidad intervenida de reconstrucción de LCA	Cuestionario inicial	Derecho / Izquierdo / No intervenido
Tiempo desde cirugía	Independiente	Tiempo transcurrido desde la reconstrucción de LCA	Cuestionario inicial	Meses
Fuerza isométrica máxima	Dependiente	Pico máximo de fuerza en abducción y extensión de cadera	Dinamometría manual	Newtons / Kilogramos
Fuerza media / promedio	Dependiente	Valor medio de fuerza durante la contracción isométrica	Dinamometría manual	Newtons / Kilogramos
Actividad electromiográfica media	Dependiente	Activación media del glúteo medio y mayor durante MVIC	EMG superficie	Microvoltios

Instrumentos de medición

Dinamometría manual

La valoración de la fuerza isométrica de la musculatura glútea se llevó a cabo mediante dinamometría manual durante las pruebas de contracción voluntaria isométrica máxima (MVIC) en los movimientos de abducción y extensión de cadera.

Se trata de una herramienta válida, fiable y fácil de aplicar en la clínica para la evaluación de la fuerza muscular en miembros inferiores, mostrando una elevada reproducibilidad en la valoración de la musculatura de cadera [19, 20].

Durante las pruebas se registraron variables relacionadas con la producción de fuerza, incluyendo el pico máximo de fuerza y el tiempo hasta alcanzar la fuerza máxima. (ANEXO 7)

Electromiografía de superficie

La actividad electromiográfica de la musculatura glútea fue registrada mediante electromiografía de superficie utilizando el sistema mDurance® sEMG. Este sistema permite analizar de forma objetiva la activación muscular durante diferentes tareas isométricas y dinámicas, mostrando una adecuada validez y fiabilidad para la evaluación neuromuscular [21].

Para la recogida de la señal electromiográfica se usó una configuración bipolar mediante electrodos adhesivos de superficie de 10 mm de diámetro colocados con una separación interelectrodo de 20 mm.

La señal obtenida durante las pruebas isométricas máximas (MVIC) fue utilizada como referencia para la normalización de la actividad electromiográfica registrada durante el protocolo de medición.

Procedimiento de medición

Durante la sesión de recogida de datos, los participantes realizaron un calentamiento estandarizado que consistió en 5 minutos de marcha en cinta rodante a una velocidad de 5,5 km/h, seguido de ejercicios dinámicos de activación: 5 sentadillas normales y 5 sentadillas con salto.

Colocación de electrodos

Posteriormente, se procedió a la colocación de los electrodos para el registro electromiográfico de la musculatura glútea. Previamente a su colocación, se preparó la piel mediante limpieza de la zona y rasurada cuando fue necesario, con el objetivo de mejorar la calidad de la señal electromiográfica. Los electrodos fueron colocados siguiendo las recomendaciones SENIAM descritas por Hermens et al. para el glúteo medio y glúteo mayor [17]. Podemos observar en la Figura 3.

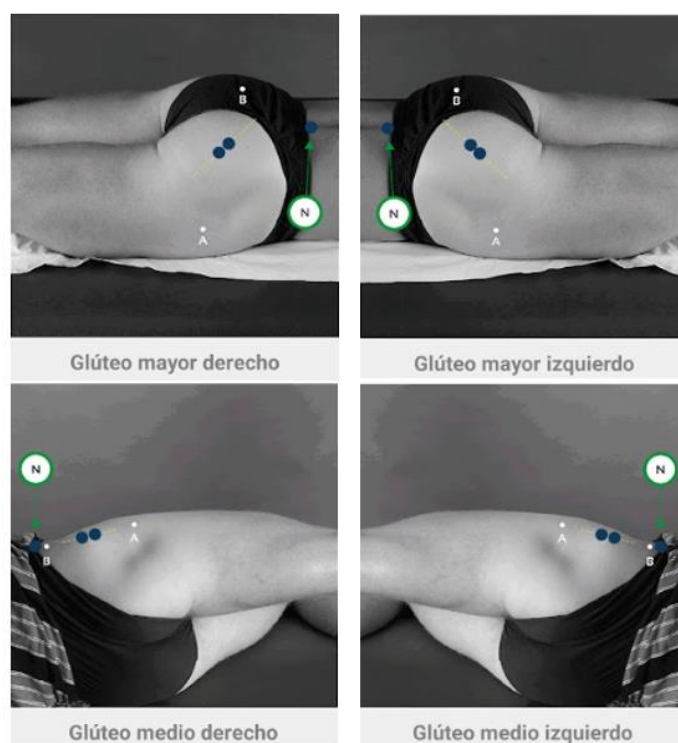


Figura 3. Colocación de los electrodos para el registro de la actividad del glúteo mayor y glúteo medio en ambos lados.

Glúteo medio

Para la valoración isométrica del glúteo medio, el participante se colocó en decúbito lateral sobre el lado contralateral al lado a evaluar, con la extremidad inferior flexionada para aumentar la estabilidad, y la pierna evaluada en extensión. Además, se colocó una almohada entre ambas piernas para mantener aproximadamente 10° de abducción de cadera. El dinamómetro manual se posicionó en la cara lateral distal del muslo, aproximadamente 3 centímetros por encima de la rodilla, con el objetivo de estandarizar el brazo de palanca y minimizar posibles compensaciones durante la prueba [20]. Ver en la Figura 4.

Glúteo mayor

Para la valoración del glúteo mayor, el participante se colocó en decúbito prono con la rodilla flexionada a 90° . El dinamómetro se colocó en la región distal posterior del muslo. Esta posición favorece una mayor activación del glúteo mayor y disminuye la participación de la musculatura isquiosural durante la extensión de cadera [19]. Ver en la Figura 5.



Figura 4. Valoración isométrica máxima del glúteo medio mediante dinamometría manual.



Figura 5. Valoración isométrica máxima de glúteo mayor mediante dinamometría manual.

Protocolo MVIC

Para ambas pruebas se realizaron contracciones voluntarias isométricas máximas (MVIC) de 5 segundos de duración acompañadas de instrucciones verbales estandarizadas (“dale-dale-dale-empuja-empuja-empuja-relaja”). Se realizaron dos repeticiones de cada prueba en ambas extremidades, registrándose el valor máximo de fuerza y actividad electromiográfica obtenido durante cada medición. El orden de evaluación de las extremidades y pruebas fue aleatorizado mediante un software de randomización con el objetivo de minimizar efectos de aprendizaje o fatiga.

La señal electromiográfica y los datos de fuerza obtenidos mediante dinamometría fueron registrados de forma simultánea durante los 5 segundos de cada MVIC. Para el procesamiento de los datos se analizaron 100 frames, correspondientes al intervalo completo de contracción muscular. (ANEXO 8)



Análisis estadístico

Los datos obtenidos durante la recogida de datos fueron analizados mediante el software estadístico RStudio®. En primer lugar, se realizó un análisis descriptivo de todas las variables incluidas en el estudio. Las variables cuantitativas se expresaron mediante mediana y rango intercuartílico (Q1-Q3), mientras que las variables cualitativas se presentaron mediante frecuencias absolutas y porcentajes.

Debido al reducido tamaño muestral y a la distribución no normal de algunas variables, se utilizaron pruebas no paramétricas para las comparaciones entre grupos. Para el análisis de las variables cuantitativas se empleó la prueba de Wilcoxon rank-sum test, mientras que para las variables cualitativas se utilizó la prueba Chi-cuadrado de Pearson.

Posteriormente, se realizó un análisis multivariante considerando como factores el sexo y el estado clínico de los participantes (grupos intervenidos de reconstrucción de LCA y grupo control), con el objetivo de analizar posibles diferencias entre grupos y la interacción entre ambas variables sobre las variables dependientes estudiadas.

Asimismo, cuando fue necesario, se realizaron comparaciones post-hoc mediante el método de Tukey para identificar diferencias específicas entre grupos.

El nivel de significación estadística se estableció en un valor de $p < 0,05$. Además, debido al tamaño muestral reducido, los resultados fueron interpretados tanto desde un punto de vista estadístico como clínico.

Además, se implementó una prueba multivariante semiparamétrica que no asume normalidad multivariante ni homogeneidad de covarianzas. Debido al reducido tamaño muestral, se emplearon métodos bootstrap con 1000 simulaciones, permitiendo obtener estimaciones más robustas y precisas. Para ello, se utilizaron estadísticos Multivariante ANOVA-Type Statistic (MATS) para datos multivariantes y ANOVA-Type Statistic (ATS) para datos univariantes.

Tamaño muestral

El cálculo del tamaño muestral se realizó mediante el programa estadístico G-Power® versión 3.1.9.7.

Los parámetros y resultados obtenidos se muestran en la Figura 6.

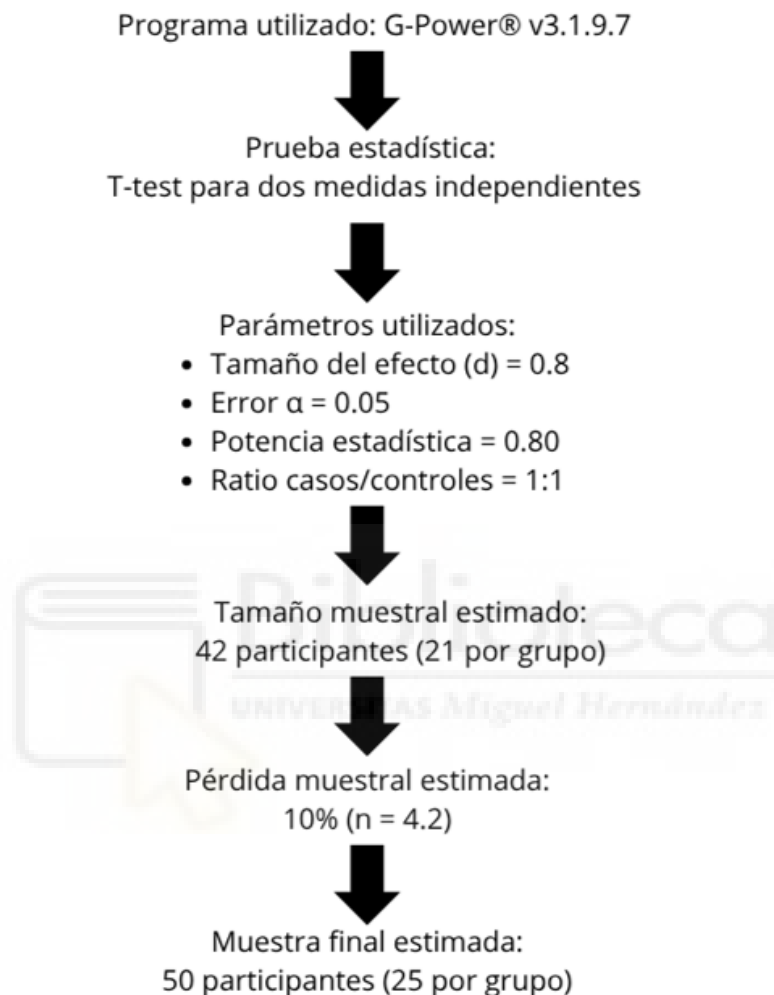


Figura 6. Diagrama del cálculo del tamaño muestral.

4. RESULTADOS

La muestra estuvo compuesta por 28 participantes distribuidos entre el grupo intervenido de LCA y el grupo control. Las características antropométricas y clínicas de la muestra se presentan en la Tabla 3.

Tabla 3. Características antropométricas, clínicas y deportivas de la muestra.

Variables	SANO				OPERADO			
	Overall N = 16 ¹	Hombre N = 5 ¹	Mujer N = 11 ¹	p- value ²	Overall N = 12 ¹	Hombre N = 5 ¹	Mujer N = 7 ¹	p- value ³
Talla	168.0 (165.0,179.0)	181.0 (180.0,182.0)	165.0 (164.0,168.0)	0.002	170.5 (169.0,179.5)	181.0 (178.0,186.0)	169.0 (163.0,171.0)	0.033
Peso	66.8 (59.0,73.5)	74.0 (72.9,79.0)	60.0 (57.0,67.0)	0.013	74.0 (65.0,89.0)	90.0 (88.0,103.0)	65.0 (60.0,75.0)	0.023
TSK-11	18.0 (14.0,21.5)	14.0 (14.0,19.0)	18.0 (14.0,24.0)	0.5	20.5 (19.5,23.0)	23.0 (17.0,23.0)	20.0 (20.0,21.0)	>0.9
IKDC	100.0 (98.3,100.0)	100.0 (97.7,100.0)	100.0 (98.9,100.0)	0.7	85.6 (74.1,96.6)	94.3 (77.0,98.9)	80.5 (72.4,94.3)	0.6
Meses desde LCA	NA (NA,NA)	NA (NA,NA)	NA (NA,NA)		24.5 (13.0,36.0)	17.0 (11.0,30.0)	25.0 (15.0,53.0)	0.5
LADO DOMINANTE				0.3				0.3
Zurdo	3 (19%)	2 (40%)	1 (9.1%)		1 (8.3%)	0 (0%)	1 (14%)	
Diestro	11 (69%)	3 (60%)	8 (73%)		10 (83%)	4 (80%)	6 (86%)	
Ambidiestro	2 (13%)	0 (0%)	2 (18%)		1 (8.3%)	1 (20%)	0 (0%)	
DEPORTE				0.2				0.3
Fútbol	6 (38%)	3 (60%)	3 (27%)		4 (33%)	2 (40%)	2 (29%)	
Baloncesto	3 (19%)	0 (0%)	3 (27%)		1 (8.3%)	0 (0%)	1 (14%)	
Balonmano	4 (25%)	2 (40%)	2 (18%)		4 (33%)	3 (60%)	1 (14%)	
Voleibol	3 (19%)	0 (0%)	3 (27%)		2 (17%)	0 (0%)	2 (29%)	
Raqueta	0 (0%)	0 (0%)	0 (0%)		1 (8.3%)	0 (0%)	1 (14%)	
LADO LCA								0.10
No	16 (100%)	5 (100%)	11 (100%)		0 (0%)	0 (0%)	0 (0%)	
Izda	0 (0%)	0 (0%)	0 (0%)		8 (67%)	2 (40%)	6 (86%)	
Dcha	0 (0%)	0 (0%)	0 (0%)		4 (33%)	3 (60%)	1 (14%)	

¹Median (Q1, Q3); n (%)

²Wilcoxon rank sum test; NA; Pearson's Chi-squared test

³Wilcoxon rank sum test; Pearson's Chi-squared test

Se observaron diferencias significativas entre hombres y mujeres tanto en el grupo sano como en el grupo intervenido para las variables talla y peso. En ambos grupos, los hombres presentaron valores superiores respecto a las mujeres.

Respecto a las variables clínicas, no se observaron diferencias significativas entre hombres y mujeres en los valores del cuestionario IKDC ni en la escala TSK-11. Asimismo, no se encontraron diferencias significativas en cuanto al lado dominante, deporte practicado o lateralidad de la cirugía dentro del grupo intervenido.

Tabla 4. Comparación antropométrica intra-sexo entre sujetos sanos y operados.

Variables	Hombre				Mujer			
	Overall N = 10 ¹	Sano N = 5 ¹	Operado N = 11 ¹	p- value ²	Overall N = 18 ¹	Sano N = 11 ¹	Operado N = 7 ¹	p- value ²
Edad	21.0 (20.0,24.0)	21.0 (19.0,23.0)	21.0 (20.0,24.0)	0.7	21.0 (21.0,23.0)	21.0 (21.0,23.0)	23.0 (21.0,26.0)	0.086
Talla	181.0 (178.0,186.0)	181.0 (180.0,182.0)	181.0 (180.0,182.0)	>0.9	167.0 (164.0,170.0)	165.0 (164.0,168.0)	169.0 (163.0,171.0)	0.3
Peso	83.5 (72.9,94.0)	74.0 (72.9,79.0)	90.0 (88.0,103.0)	0.2	64.0 (59.0,70.0)	60.0 (57.0,67.0)	65.0 (60.0,75.0)	0.2
TSK-11	18.0 (14.0,23.0)	14.0 (14.0,19.0)	23.0 (17.0,23.0)	0.2	19.5 (18.0,21.0)	18.0 (14.0,24.0)	20.0 (20.0,21.0)	0.084
IKDC	98.3 (92.0,100.0)	100.0 (97.7,100.0)	94.3 (77.0,98.9)	0.2	99.4 (87.4,100.0)	100.0 (98.9,100.0)	80.5 (72.4,94.3)	0.007
Meses desde LCA	17.0 (11.0,30.0)	NA (NA,NA)	17.0 (11.0,30.0)		25.0 (15.0,53.0)	NA (NA,NA)	25.0 (15.0,53.0)	
LADO DOMINANTE				0.2				0.5
Zurdo	2 (20%)	2 (40%)	0 (0%)		2 (11%)	1 (9.1%)	1 (14%)	
Diestro	7 (70%)	3 (60%)	4 (80%)		14 (78%)	8 (73%)	6 (86%)	
Ambidiestro	1 (10%)	0 (0%)	1 (20%)		2 (11%)	2 (18%)	0 (0%)	
DEPORTE				0.5				0.7
Fútbol	5 (50%)	3 (60%)	2 (40%)		5 (28%)	3 (27%)	2 (29%)	
Baloncesto	0 (0%)	0 (0%)	0 (0%)		4 (22%)	3 (27%)	1 (14%)	
Balónmano	5 (50%)	2 (40%)	3 (60%)		3 (17%)	2 (18%)	1 (14%)	
Voleibol	0 (0%)	0 (0%)	0 (0%)		5 (28%)	3 (27%)	2 (29%)	
Raqueta	0 (0%)	0 (0%)	0 (0%)		1 (5.6%)	0 (0%)	1 (14%)	
LADO LCA				0.007				<0.001
No	5 (50%)	5 (100%)	0 (0%)		11 (61%)	11 (100%)	0 (0%)	
Izda	2 (20%)	0 (0%)	2 (40%)		6 (33%)	0 (0%)	6 (86%)	
Dcha	3 (30%)	0 (0%)	3 (60%)		1 (5.6%)	0 (0%)	1 (14%)	

¹Median (Q1, Q3); n (%)

²Wilcoxon rank sum test; NA; Pearson's Chi-squared test

La comparación intra-sexo entre sujetos sanos y operados no mostró diferencias significativas en la mayoría de variables antropométricas y clínicas analizadas. Sin embargo, las mujeres intervenidas de reconstrucción de LCA presentaron valores significativamente inferiores en la escala IKDC respecto a las mujeres sanas ($p = 0.007$).

Se analizó la actividad electromiográfica del glúteo medio y mayor durante las pruebas de contracción isométrica máxima (MVIC) en sujetos sanos y operados. Los resultados descriptivos y comparativos de los valores medios y máximos de activación muscular se presentan en las Tablas 5 y 6, respectivamente.

Tabla 5. Resultados electromiográficos medios durante las pruebas MVIC.

Media	Hombre				Mujer			
	Overall N = 10 ¹	Sano N = 5 ¹	Operado N = 5 ¹	p- value ²	Overall N = 18 ¹	Sano N = 11 ¹	Operado N = 7 ¹	p- value ²
GM,izda	6.3 (4.6,7.1)	5.6 (4.6,7.1)	6.9 (5.7,7.0)	0.8	17.2 (11.0,29.1)	13.0 (10.4,22.2)	29.1 (11.0,45.7)	0.15
Gmed,izda	9.9 (8.1,21.3)	9.9 (8.6,21.3)	9.8 (5.3,18.7)	0.7	20.6 (12.7,26.3)	23.8 (12.7,41.0)	14.9 (11.4,26.3)	0.8
GM,dcha	63.1 (55.9,65.5)	61.8 (56.8,65.1)	64.4 (55.9,65.5)	>0.9	60.7 (59.1,66.1)	60.7 (59.1,66.1)	60.8 (56.6,66.9)	0.8
Gmed,dcha	63.4 (59.0,65.8)	63.7 (55.4,64.3)	63.0 (60.2,65.8)	0.8	61.2 (51.7,65.4)	64.6 (50.7,70.1)	59.1 (51.7,62.9)	0.2

¹Median (Q1, Q3)

²Wilcoxon rank sum test

Tabla 6. Resultados electromiográficos máximos durante las pruebas MVIC.

Máximo	Hombre				Mujer			
	Overall N = 10 ¹	Sano N = 5 ¹	Operado N = 5 ¹	p- value ²	Overall N = 18 ¹	Sano N = 11 ¹	Operado N = 7 ¹	p- value ²
GM,izda	22.6 (15.1,39.2)	21.2 (15.1,39.2)	24.0 (20.7,36.0)	>0.9	65.9 (39.3,97.9)	50.7 (31.4,79.4)	97.9 (53.8,121.9)	0.070
Gmed,izda	38.7 (28.5,122.9)	42.3 (35.1,122.9)	28.5 (26.4,58.9)	0.4	70.4 (49.2,113.8)	77.2 (38.2,257.7)	54.0 (49.2,79.4)	0.4
GM,dcha	97.2 (93.4,98.3)	97.2 (93.4,99.8)	97.3 (96.7,98.0)	>0.9	95.1 (92.4,98.0)	95.9 (91.2,98.0)	94.3 (92.4,98.2)	>0.9
Gmed,dcha	97.2 (96.2,98.4)	97.3 (93.0,98.4)	97.1 (96.7,97.8)	>0.9	94.2 (91.0,96.3)	93.8 (90.4,98.5)	94.6 (91.0,95.9)	0.9

¹Median (Q1, Q3)

²Wilcoxon rank sum test

No se observaron diferencias estadísticamente significativas entre sujetos sanos y operados dentro de cada sexo en las variables electromiográficas analizadas durante las pruebas MVIC.

Los resultados obtenidos mediante dinamometría manual durante las pruebas isométricas permitieron analizar la fuerza media, la fuerza máxima y el tiempo en alcanzar la fuerza máxima del glúteo medio y glúteo mayor en ambos grupos. Los resultados descriptivos y comparativos se presentan en la Tabla 7.

Tabla 7. Resultados dinamométricos globales de fuerza media, fuerza máxima y tiempo hasta alcanzar la fuerza máxima del glúteo medio y glúteo mayor.

Fuerza Media	SANO				OPERADO			
	Overall N = 16 ¹	Hombre N = 5 ¹	Mujer N = 11 ¹	p- value ²	Overall N = 12 ¹	Hombre N = 5 ¹	Mujer N = 7 ¹	p- value ²
GM,izda	35.2 (25.7,39.2)	40.1 (36.1,48.6)	33.2 (15.8,36.3)	0.036	33.7 (19.1,41.0)	36.2 (33.5,38.4)	29.1 (14.7,43.7)	0.3
Gmed,izda	30.6 (25.4,44.7)	47.6 (41.8,48.5)	27.4 (17.9,32.8)	0.031	31.3 (27.7,43.2)	40.8 (34.1,48.4)	28.1 (25.2,30.7)	0.023
GM,dcha	36.0 (23.2,43.2)	44.5 (41.1,47.5)	25.5 (15.2,38.3)	0.017	31.0 (25.2,48.5)	48.4 (30.7,48.6)	27.7 (22.1,32.2)	0.2
Gmed,dcha	33.1 (23.7,42.7)	44.8 (32.0,49.2)	32.3 (16.8,38.6)	0.089	39.6 (31.0,44.2)	44.2 (42.7,49.7)	31.6 (30.6,40.6)	0.14
Fuerza Máxima	Overall N = 16 ¹	Hombre N = 5 ¹	Mujer N = 11 ¹	p- value ²	Overall N = 12 ¹	Hombre N = 5 ¹	Mujer N = 7 ¹	p- value ²
GM,izda	43.2 (30.4,49.9)	51.1 (49.5,59.6)	39.7 (19.3,45.6)	0.023	43.1 (27.7,48.5)	43.9 (42.8,48.0)	34.4 (18.9,49.1)	0.3
Gmed,izda	36.9 (30.0,52.1)	53.1 (51.1,54.5)	32.4 (20.4,41.6)	0.023	38.1 (33.1,44.1)	41.1 (39.6,47.2)	33.9 (30.9,37.1)	0.035
GM,dcha	44.7 (27.5,53.5)	55.0 (54.4,57.3)	35.6 (17.4,45.1)	0.009	39.0 (33.4,53.6)	48.6 (40.8,60.0)	34.6 (24.9,41.6)	0.14
Gmed,dcha	40.5 (31.6,49.9)	55.6 (40.9,57.5)	37.8 (20.8,44.2)	0.041	46.3 (34.6,54.4)	54.8 (49.7,61.5)	41.4 (33.8,48.1)	0.10
Tiempo	Overall N = 16 ¹	Hombre N = 5 ¹	Mujer N = 11 ¹	p- value ²	Overall N = 12 ¹	Hombre N = 5 ¹	Mujer N = 7 ¹	p- value ²
GM,izda	2.8 (2.2,3.6)	3.7 (3.4,3.9)	2.6 (1.6,3.0)	0.041	2.7 (2.2,3.6)	3.0 (2.6,4.1)	2.5 (2.1,3.1)	0.5
Gmed,izda	3.1 (1.4,3.8)	2.9 (2.7,3.3)	3.3 (0.9,4.0)	>0.9	2.6 (1.8,3.2)	2.2 (1.8,2.4)	2.8 (1.7,3.6)	0.3
GM,dcha	3.1 (2.1,3.9)	3.5 (3.4,3.7)	2.6 (1.4,4.0)	0.3	2.9 (2.0,3.6)	2.8 (1.8,3.0)	3.2 (2.1,3.7)	0.4
Gmed,dcha	2.8 (1.8,3.3)	3.3 (3.3,4.0)	2.6 (1.1,3.2)	0.041	3.0 (1.6,3.7)	3.3 (2.7,3.8)	2.2 (0.9,3.6)	0.4

¹Median (Q1, Q3)

²Wilcoxon rank sum test

En el análisis global de las variables dinamométricas se observaron diferencias significativas entre hombres y mujeres en diversas variables relacionadas con la fuerza media y la fuerza máxima, tanto del glúteo medio como del glúteo mayor. En general, los hombres presentan valores mayores respecto a las mujeres en la mayoría de variables analizadas. Asimismo, algunas variables relacionadas con el tiempo hasta alcanzar la fuerza máxima mostraron diferencias significativas entre sexos dentro del grupo sano. No obstante, en el grupo operado no se observaron diferencias significativas en la mayoría de variables temporales analizadas.

Con el objetivo de analizar las posibles diferencias entre sujetos sanos y operados dentro de cada sexo, se realizó un análisis comparativo intra-sexo de las variables dinamométricas. Los resultados descriptivos y comparativos se presentan en la Tabla 8.

Tabla 8. Comparación intra-sexo de las variables dinamométricas de fuerza media, fuerza máxima y tiempo hasta alcanzar la fuerza máxima del glúteo medio y glúteo mayor.

Fuerza Media	Hombre				Mujer			
	Overall N = 10 ¹	Sano N = 5 ¹	Operado N = 5 ¹	p- value ²	Overall N = 18 ¹	Sano N = 11 ¹	Operado N = 7 ¹	p- value ²
GM,izda	37.3 (33.7,48.6)	40.1 (36.1,48.6)	36.2 (33.5,38.4)	0.5	32.0 (15.8,36.3)	33.2 (15.8,36.3)	29.1 (14.7,43.7)	0.9
Gmed,izda	44.7 (34.1,48.5)	47.6 (41.8,48.5)	40.8 (34.1,48.4)	0.8	27.8 (25.0,32.3)	27.4 (17.9,32.8)	28.1 (25.2,30.7)	0.9
GM,dcha	46.0 (38.0,48.6)	44.5 (41.1,47.5)	48.4 (30.7,48.6)	>0.9	26.6 (21.0,34.1)	25.5 (15.2,38.3)	27.7 (22.1,32.2)	0.9
Gmed,dcha	44.5 (32.0,49.7)	44.8 (32.0,49.2)	44.2 (42.7,49.7)	>0.9	31.9 (23.1,38.7)	32.3 (16.8,38.6)	31.6 (30.6,40.6)	0.4
Fuerza Máxima	Overall N = 10 ¹	Sano N = 5 ¹	Operado N = 5 ¹	p- value ²	Overall N = 18 ¹	Sano N = 11 ¹	Operado N = 7 ¹	p- value ²
GM,izda	48.7 (42.8,59.6)	51.1 (49.5,59.6)	43.9 (42.8,48.0)	0.5	38.9 (19.3,45.6)	39.7 (19.3,45.6)	34.4 (18.9,49.1)	>0.9
Gmed,izda	49.2 (39.6,54.5)	53.1 (51.1,54.5)	41.1 (39.6,47.2)	0.5	33.1 (29.2,37.2)	32.4 (20.4,41.6)	33.9 (30.9,37.1)	0.7
GM,dcha	54.7 (44.3,60.0)	55.0 (54.4,57.3)	48.6 (40.8,60.0)	0.5	35.1 (24.9,45.1)	35.6 (17.4,45.1)	34.6 (24.9,41.6)	>0.9
Gmed,dcha	55.2 (40.9,60.8)	55.6 (40.9,57.5)	54.8 (49.7,61.5)	0.8	38.9 (30.0,44.4)	37.8 (20.8,44.2)	41.4 (33.8,48.1)	0.4
Tiempo	Overall N = 10 ¹	Sano N = 5 ¹	Operado N = 5 ¹	p- value ²	Overall N = 18 ¹	Sano N = 11 ¹	Operado N = 7 ¹	p- value ²
GM,izda	3.5 (2.7,4.1)	3.7 (3.4,3.9)	3.0 (2.6,4.1)	0.5	2.6 (1.9,3.0)	2.6 (1.6,3.0)	2.5 (2.1,3.1)	0.8
Gmed,izda	2.6 (1.8,3.1)	2.9 (2.7,3.3)	2.2 (1.8,2.4)	0.2	3.0 (1.1,3.8)	3.3 (0.9,4.0)	2.8 (1.7,3.6)	0.7
GM,dcha	3.2 (2.5,3.7)	3.5 (3.4,3.7)	2.8 (1.8,3.0)	0.2	2.7 (2.0,3.8)	2.6 (1.4,4.0)	3.2 (2.1,3.7)	0.6
Gmed,dcha	3.3 (2.7,4.0)	3.3 (3.3,4.0)	3.3 (2.7,3.8)	>0.9	2.4 (1.1,3.2)	2.6 (1.1,3.2)	2.2 (0.9,3.6)	0.8

¹Median (Q1, Q3)

²Wilcoxon rank sum test

La comparación intra-sexo entre sujetos sanos y operados no mostró diferencias estadísticamente significativas en las variables de fuerza media, fuerza máxima y tiempo hasta alcanzar la fuerza máxima obtenidas mediante dinamometría manual, tanto en hombres como en mujeres.

Con el objetivo de analizar conjuntamente las variables electromiográficas y dinamométricas más relevantes del lado izquierdo, se realizó un análisis multivariante semiparamétrico considerando los factores sexo y grupo clínico. Las variables incluidas en el modelo fueron la activación media del glúteo mayor izquierdo (MVIC1x), la activación media del glúteo medio izquierdo (MVIC2x), la fuerza máxima y el tiempo hasta alcanzar la fuerza máxima obtenidos mediante dinamometría manual.

Tabla 9. Resultados del análisis multivariante semiparamétrico según sexo y grupo clínico.

Factor	WTS p-valor	MATS p-valor
Sexo	0.005	0.014
Grupo	0.786	0.936
Sexo * Grupo	0.383	0.675

El análisis multivariante mostró un efecto significativo del sexo sobre las variables analizadas. Sin embargo, no se observaron diferencias estadísticamente significativas en función del grupo clínico ni en la interacción sexo * grupo.

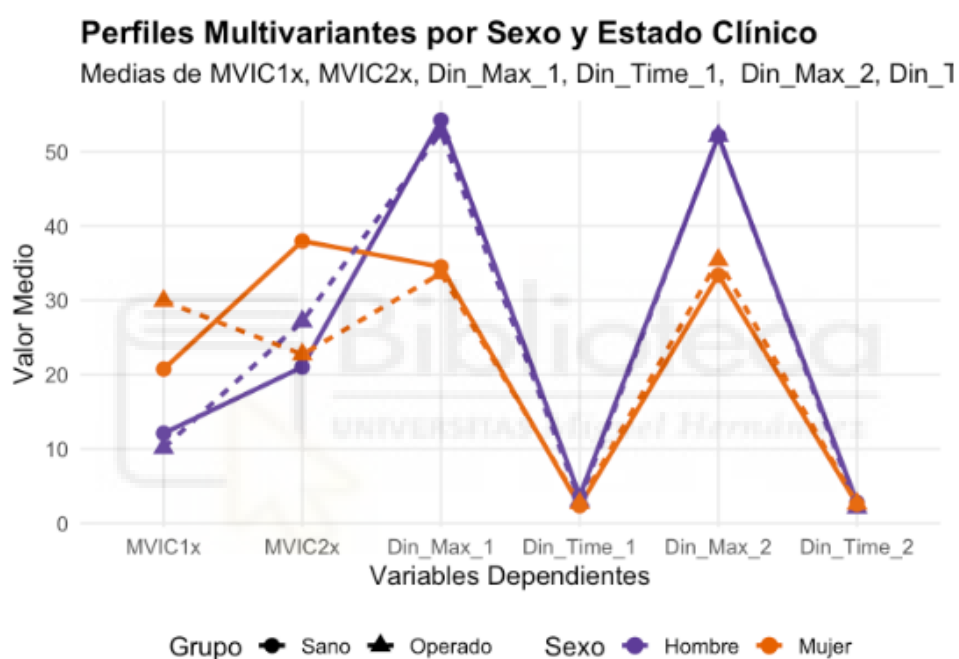


Figura 6. Perfiles multivariantes según sexo y estado clínico de las variables electromiográficas y dinamométricas analizadas.

5. DISCUSIÓN

El objetivo principal fue analizar la actividad electromiográfica y la producción de fuerza de la musculatura glútea en deportistas con reconstrucción de LCA y compararla con sujetos sanos mediante dinamometría manual y electromiografía de superficie durante contracciones isométricas máximas (MVIC).

Los principales hallazgos muestran que no existieron diferencias significativas entre sujetos intervenidos y sanos en las variables electromiográficas y dinamométricas analizadas. Sin embargo, sí se observaron diferencias según el sexo en diversas variables de fuerza isométrica máxima y media, presentando los hombres valores superiores respecto a las mujeres. Asimismo, algunas variables relacionadas con el tiempo hasta alcanzar la fuerza máxima mostraron diferencias significativas entre hombres y mujeres dentro del grupo sano.

En relación con la producción de fuerza, el análisis multivariante no mostró diferencias significativas entre sujetos intervenidos y sanos. Estos resultados podrían indicar una adecuada recuperación funcional y neuromuscular de los deportistas incluidos en la muestra, coincidiendo con estudios previos que no encontraron diferencias claras en la fuerza abductora de cadera tras la reconstrucción del LCA en deportistas funcionalmente recuperados [22]. Asimismo, algunos criterios clásicos de retorno deportivo podrían sobreestimar la recuperación neuromuscular completa tras la cirugía, especialmente cuando únicamente se utilizan parámetros de simetría funcional [23].

La ausencia de diferencias entre grupos podría explicarse por las características de la muestra, formada por sujetos jóvenes físicamente activos y con retorno deportivo tras la cirugía. Una adecuada readaptación funcional podría contribuir a disminuir los déficits de fuerza y control proximal descritos en fases más tempranas tras la reconstrucción del LCA [24,25].

Aunque diversos estudios describen niveles de fuerza próximos a sujetos sanos tras una adecuada rehabilitación [22], la ausencia de diferencias significativas no implica necesariamente una recuperación neuromuscular completa. Estudios recientes sugieren que pueden persistir alteraciones neuromusculares

incluso en sujetos que han vuelto al deporte [23]. En esta línea, Tarchichi et al. describieron posibles mecanismos de inhibición artrogénica del glúteo medio tras lesión de LCA [26].

Respecto a las diferencias según el sexo, los hombres presentaron mayores valores de fuerza isométrica máxima y media respecto a las mujeres, coincidiendo con estudios previos sobre diferencias biomecánicas y neuromusculares relacionadas con la musculatura estabilizadora proximal de cadera y el control dinámico del miembro inferior [8,27]. Además, las mujeres pueden presentar menores niveles de fuerza abductora y rotadora externa de cadera, así como diferentes patrones de activación neuromuscular durante tareas funcionales [27,28]. Estas diferencias podrían influir sobre el control proximal y favorecer mecanismos asociados al valgo dinámico de rodilla y al riesgo de lesión del LCA [5,8].

Algunas variables relacionadas con el tiempo hasta alcanzar la fuerza máxima mostraron diferencias entre hombres y mujeres dentro del grupo sano. Estos resultados podrían relacionarse con diferencias en la capacidad de producción rápida de fuerza y el reclutamiento neuromuscular. El tiempo necesario para alcanzar niveles elevados de fuerza se relaciona con el concepto de rate of force development (RFD), considerado relevante para valorar la capacidad explosiva y el control neuromuscular [8,29]. Además, alteraciones en la producción rápida de fuerza pueden persistir incluso cuando la fuerza isométrica máxima parece recuperada tras la reconstrucción del LCA [30].

Respecto a la actividad electromiográfica, no se observaron diferencias significativas entre sujetos sanos y operados durante las pruebas MVIC. Moiroux-Sahraoui et al. describieron que algunos deportistas intervenidos pueden presentar alteraciones neuromusculares sutiles durante tareas funcionales, aunque no siempre detectables mediante pruebas isométricas máximas [14].

Desde un punto de vista clínico, los resultados sugieren que los deportistas intervenidos de reconstrucción de LCA pueden alcanzar niveles de fuerza isométrica y activación electromiográfica similares a sujetos sanos tras un adecuado proceso de rehabilitación y retorno deportivo. Estos hallazgos apoyan la importancia de programas orientados al control proximal de cadera y a la recuperación neuromuscular de la musculatura glútea [8,22].

Asimismo, las diferencias observadas según el sexo podrían indicar la necesidad de individualizar determinados aspectos de la valoración y del entrenamiento neuromuscular en deportistas.

Limitaciones

- La muestra final fue inferior a la calculada inicialmente, lo que podría limitar la potencia estadística y la capacidad para detectar diferencias significativas entre los grupos.
- La existencia de variabilidad en factores clave como el tipo de deporte practicado, el nivel competitivo y el tiempo transcurrido desde la cirugía de LCA, variables que pueden influir en los resultados funcionales y neuromusculares.
- La naturaleza del estudio impide analizar la evolución temporal de las variables observadas o establecer relaciones de causa y efecto.
- Aunque las pruebas de fuerza isométrica máxima y la sEMG ofrecen datos objetivos, los resultados se limitan a este tipo de contracción, pudiendo omitir alteraciones neuromusculares presentes en gestos deportivos más complejos o dinámicos.

Futuras investigaciones deberían incluir muestras de mayor tamaño y realizar análisis específicos según sexo, deporte practicado y tiempo desde la cirugía, así como comparar con variables relacionadas con la producción de fuerza rápida con el objetivo de comprender mejor las posibles alteraciones neuromusculares tras la reconstrucción del LCA.

Finalmente, futuros estudios longitudinales podrían analizar la evolución de la activación electromiográfica y la producción de fuerza a lo largo del proceso de rehabilitación y readaptación deportiva tras la reconstrucción del LCA.

6. CONCLUSIONES

1. Los deportistas intervenidos de reconstrucción de LCA incluidos en la muestra no presentaron diferencias significativas respecto a los sujetos sanos en las variables electromiográficas y dinamométricas analizadas durante las pruebas isométricas máximas.
2. Los hombres presentaron valores superiores de fuerza isométrica máxima y media respecto a las mujeres en diversas variables relacionadas con la musculatura glútea.
3. Algunas variables relacionadas con el tiempo hasta alcanzar la fuerza máxima mostraron diferencias según el sexo, lo que podría indicar diferencias en la producción rápida de fuerza y en el control neuromuscular.
4. Los resultados del análisis multivariante sugieren que el sexo podría tener una mayor influencia sobre las variables electromiográficas y dinamométricas analizadas que el propio estado clínico de los participantes.



7. ANEXOS

ANEXO 1



GENERALITAT
VALENCIANA
Conselleria de Sanitat



UNIVERSITAT
MIGUEL HERNÁNDEZ



SANT JOAN
D'ALACANT
DEPARTAMENT DE SALUT

CONSENTIMIENTO INFORMADO DEL PACIENTE

Título del PROYECTO: "Evaluación y análisis electromiográfico de la musculatura glútea en pacientes post cirugía de Ligamento Cruzado Anterior. Estudio observacional".

D./Dña, _____ declaro que:

He leído la hoja de información que se me ha entregado.

He podido hacer preguntas sobre el estudio y he recibido suficiente información sobre el mismo.

He hablado con:

Comprendo que mi participación es voluntaria.

Comprendo que puedo retirarme del estudio:

1. Cuando quiera.
 2. Sin tener que dar explicaciones.
 3. Sin que esto repercuta en mis cuidados médicos/mi relación con el investigador (según dónde se realice)
- Presto libremente mi consentimiento para participar en este estudio y doy mi consentimiento para el acceso y utilización de mis datos conforme se estipula en la hoja de información que se me ha entregado.
 - Deseo ser informado sobre los resultados del estudio: SÍ NO (marque lo que proceda)
 - Acepto que los datos pseudonimizados derivados de este estudio se utilicen en un futuro en proyectos de la línea de investigación Evaluación de la Musculatura Glútea en Pacientes Operados de LCA, cuyo responsable es Emilio J. Poveda Pagán, siempre que hayan obtenido el dictamen favorable de un Comité de Ética de la Investigación y hayan solicitado los permisos oportunos: SI NO (marque lo que proceda).
 - Doy mi conformidad para que los datos de mi historia clínica sean revisados por personal ajeno al Centro para los fines del estudio, tal como se me ha informado en este documento.
 - Consiento ser contactado en caso necesario o supuestos previstos de acuerdo a la información facilitada: SÍ NO (marque lo que proceda).
 - Teléfono: _____ - Email: _____

He recibido una copia firmada de este Consentimiento Informado.

Firma del participante:

Fecha:

He explicado la naturaleza y el propósito del estudio al paciente mencionado

Firma del Investigador:

Fecha:

FORMULACIÓN DE REVOCACIÓN DE CONSENTIMIENTO INFORMADO

D/DÑA, _____ de _____ años de edad con domicilio
en _____ y D.N.I. n° _____

REVOCO el consentimiento prestado en fecha, _____ y solicito la eliminación o
anonimización de todos los datos personales, sin que de ello se derive ningún perjuicio ni pérdida de
los beneficios sanitarios a los que tengo derecho.

Comprendo que esta eliminación no se extenderá a los datos que son necesarios para las finalidades
para las que fueron obtenidos.

En _____ a, _____ de _____ de 202



ANEXO 2



HOJA DE INFORMACIÓN AL PACIENTE Y CONSENTIMIENTO INFORMADO

Versión:

Fecha:

TÍTULO DEL ESTUDIO: “Evaluación y análisis electromiográfico de la musculatura glútea en pacientes post cirugía de Ligamento Cruzado Anterior. Estudio observacional”

Código del protocolo:

Promotor: Emilio José Poveda Pagán

Investigador principal: Emilio José Poveda Pagán

Cargo, unidad: Profesor Permanente Laboral Fisioterapia UMH

Centro: Centro de Investigación Traslacional en Fisioterapia de la Universidad Miguel Hernández de Elche

Teléfono: 601486346 - 965919515

Correo electrónico: ejpoveda@umh.es



Estimado/a Señor/a:

Nos dirigimos a usted para informarle sobre un estudio de investigación en el que se le invita a participar, y en cumplimiento de la Ley 41/2002 de 14 de Noviembre "Básica reguladora de la autonomía del paciente y de derechos y obligaciones en materia de información y documentación clínica", reiteramos la explicación que le fue dada verbalmente, y que ahora se le facilita por escrito con objeto de que nos autorice a incluirlo en el mismo.

Antes de decidir si desea tomar parte, es importante que entienda por qué se realiza este estudio y qué es lo que implica si acepta participar.

Para ello la información se la vamos a mostrar en dos apartados:

- Uno, el relativo al estudio a realizar, que se llevará con estricta observancia de las Normas de Buena Práctica Clínica, la Declaración de Helsinki, Convenio de Oviedo, así como en Ley 14/2007 de investigación biomédica y que ha sido aprobado por el Comité de Ética para la Investigación del Hospital Universitario de San Juan de Alicante.
- Otro, el relativo al tratamiento de sus datos personales, cumpliendo las obligaciones establecidas Reglamento general de Protección de Datos, Reglamento (UE) 2016/679 del Parlamento Europeo y del Consejo, de 27 de abril de 2016, relativo a la protección de las personas físicas en lo que respecta al tratamiento de datos personales y a la libre circulación de estos datos y otra normativa aplicable, Ley Orgánica 3/2018 de protección de datos personales y garantía de los derechos digitales y la normativa de manejo de la historia clínica.

Por favor, lea con detenimiento la siguiente información y, si hay algo que no está claro o desea más información, no deje de consultarlo, puede solicitar la ampliación de información al investigador principal o sus colaboradores, o bien a su médico responsable. Le concederemos todo el tiempo que necesite para decidirse o no a participar. Debe saber que su participación en este estudio es voluntaria y que puede decidir no participar y retirar el consentimiento en cualquier momento, sin que por ello se altere la relación con su médico y otros profesionales de la salud, ni se produzca perjuicio alguno en su tratamiento.

Si decide participar, se le solicitará que firme el apartado de Consentimiento Informado y se le proporcionará una copia del mismo. Con derecho a conocer la información relevante para la salud que pudiera derivarse de la investigación.

Con la firma de dicho documento usted declara que, de conformidad con la normativa vigente en materia de protección de datos, consiente expresamente el tratamiento de sus datos para la participación en el proyecto/estudio/ensayo.

AGRADECIMIENTO

Sea cual sea su decisión, tanto el promotor como el equipo investigador quieren agradecer su tiempo y atención. Usted está contribuyendo al mejor conocimiento y cuidado de su enfermedad, lo que en el futuro puede beneficiar a multitud de personas

1.- INFORMACIÓN DEL ESTUDIO

1.1.- IDENTIFICACIÓN Y DESCRIPCIÓN DEL ESTUDIO

Las lesiones del ligamento cruzado anterior (LCA) son la lesión ligamentosa más común en el complejo articular de la rodilla, produciéndose entre 100.000 y 200.000 roturas al año entre la población deportista y siendo una de las lesiones que afectan con mayor frecuencia a los atletas jóvenes. Se trata de una de las lesiones de mayor gravedad, debido al coste y tiempo necesario para su recuperación. Otro de los grandes problemas de la lesión del LCA es la elevada tasa de recidivas y la afectación de estructuras adyacentes como son los meniscos, cartilagos u otros ligamentos de la rodilla.

Las lesiones del LCA son provocadas tanto por traumatismo directo como accidentes sin contacto; aunque la mayoría de las roturas, hasta más del 70%, son lesiones sin contacto (Montalvo et al., 2019). Este tipo de lesiones producidas sin contacto externo sobre la rodilla se relacionan con movimientos propios del deportista como saltos o cambios de dirección realizados a gran velocidad.

La estabilidad muscular glútea es fundamental para una correcta funcionalidad de la rodilla en pacientes operados de LCA y la literatura científica sugiere los ejercicios Deadlift Unipodal, Squat Jump y Single Leg Drop como los ejercicios con la activación más completa de la musculatura glútea. Por ello, en este estudio pretendemos conocer y analizar el comportamiento de la musculatura glútea mayor y medio de los pacientes con operados de LCA en comparación con sujetos sanos. El estudio se realizará en una única sesión de entre 20-30 minutos de duración dividida en tres partes que se detallan más adelante en el presente documento.

Si decide participar, se le pedirá que acuda a las instalaciones de la Facultad de Medicina de la universidad Miguel Hernández, una sola vez para realizar las exploraciones descritas.

Lugar de realización del estudio: Centro Investigación Traslacional Fisioterapia (CEIT). Ctra. Alicante-Valencia N 332, Edificio Concepción Aleixandre segunda planta. 03550 Sant Joan d'Alacant (Alicante).

1.2.- BENEFICIOS QUE SE ESPERAN ALCANZAR

El objetivo general es Evaluar y analizar la actividad eléctrica y la fuerza de la musculatura glútea (glúteo mayor y glúteo medio) de sujetos deportistas jóvenes que han sido intervenidos de cirugía de reconstrucción del LCA en comparación a sujetos sanos. Con esta información se pretende también establecer mejores protocolos de tratamiento de este tipo de pacientes tras intervención de LCA ya que hablamos de ejercicio terapéutico, pero debemos conocer mejor el comportamiento de las diferentes estructuras del sistema músculo esquelético para poder elaborar planes mejores y más específicos. Es decir, la información que se recoja de las exploraciones es clave para poder adaptar los tratamientos,

planes de ejercicio terapéutico y las recomendaciones que haga su médico o fisioterapeuta en un futuro a otros pacientes con cirugía del LCA.

1.3.- ¿POR QUÉ HA SIDO ELEGIDO USTED?

Usted ha sido seleccionado para este estudio porque cumple con los criterios de inclusión para poder ser participe de este proyecto.

1.4.- NÚMERO APROXIMADO Y CARACTERÍSTICAS DE PARTICIPANTES QUE SE PREVÉ INCLUIR EN EL ESTUDIO

Este estudio observacional de casos y controles la muestra será población adulta joven deportista, perteneciente a la provincia de Alicante que se ofrezcan voluntariamente a participar en el proyecto. Siendo una muestra esperada de 100 sujetos dividida en dos grupos de igual tamaño: casos (intervenidos de cirugía de LCA) y controles (sin lesión de LCA) se someterán a un estudio para la medición de la musculatura glútea.

1.5.- DURACIÓN PREVISTA DE SU INCLUSIÓN EN EL ESTUDIO

El estudio durará aproximadamente entre 40 minutos y 1 hora de duración y se realizará en una única sesión dividida en tres partes:

- Primera parte: realizaremos un test de fuerza incremental (12RM) del ejercicio Deadlift Unipodal para determinar su 12RM.
- Segunda parte: mediremos mediante dinamometría y electromiografía de superficie (EMG) la musculatura glútea realizando dos test de contracción voluntaria isométrica máxima (MVIC) del glúteo mayor y glúteo medio para normalizar los test que se realizan en la tercera parte.
- Tercera parte: finalmente, realizaremos unos test para medir mediante EMG la actividad de la musculatura glútea en cuatro pruebas: Deadlift Monopodal, Squat Jump, Single-Leg Drop Landing y Marcha Sobre Tapiz Rodante.

En esta misma sesión le será entregado el consentimiento informado, recogida de datos y escalas (Escala IKDC y Cuestionario TSK-11)

1.6.- PREGUNTAS QUE PUDIERAN SURGIRLE DURANTE Y DESPUÉS DE SU PARTICIPACIÓN EN EL ESTUDIO:

Si alguna vez necesita respuesta a alguna pregunta sobre este estudio, puede contactar con: **Emilio José Poveda Pagán**, Teléfono: **965919515**.

1.7.- COMPENSACIÓN ECONÓMICA

No existe compensación económica en este estudio.

1.8.- QUIÉN FINANCIA ESTA INVESTIGACIÓN

Se realiza con medios propios de la UMH sin requerir presupuesto adicional salvo el propio coste del equipo investigador que es personal a tiempo completo de la UMH.

1.9.- RESULTADO DE INVESTIGACIÓN

Finalizado el estudio, el participante podrá conocer los resultados generales del estudio y los resultados individuales que le puedan afectar, si consiente a ello.

2.- INFORMACIÓN RELATIVA AL TRATAMIENTO DE SUS DATOS PERSONALES

2.1.- RESPONSABLE DEL TRATAMIENTO

Emilio José Poveda Pagán es el promotor de este estudio. Tiene su sede en el Edificio Muhammad Al-Shafra en el Campus de Sant Joan de la Universitat Miguel Hernández de Elche. Tanto el Centro como el Promotor/Investigador son responsables del tratamiento de sus datos. El centro es el responsable de todos los datos que figuren en la historia y que puedan identificarle y el promotor/investigador de los que se recogen en este estudio de forma codificada (pseudonimizada).

2.2.- MEDIDAS PARA GARANTIZAR LA CONFIDENCIALIDAD

Se garantiza el derecho a la intimidad y a la confidencialidad de todos los datos relativos a su salud, tanto de los obtenidos durante la investigación, como de los que constan en su historia clínica, en los términos establecidos en la Ley Orgánica 3/2018 de Protección de Datos de Carácter Personal, y en la Ley 41/2002, reguladora de la autonomía del paciente y de derechos y obligaciones en materia de información y documentación clínica.

En todo momento, se mantendrá la confidencialidad de sus datos. Durante su participación en el estudio se le identificará mediante un código y ni el investigador, ni el hospital transferirán al promotor información alguna que pueda identificarle directamente.

2.3.- PROCESO DE CODIFICACIÓN

Para la finalidad expuesta, a Ud. se le identificará con un código y la información personal de sus archivos no será distribuida o cedida a terceras personas sin su consentimiento previo por escrito. En este sentido, no se le identificará personalmente en las publicaciones escritas o seminarios en los que se pudieran exponer los resultados de este estudio.)

2.4.- FINES DEL TRATAMIENTO

La información obtenida de este trabajo, pretende establecer mejores protocolos de tratamiento de este tipo de pacientes tras intervención de LCA ya que hablamos de ejercicio terapéutico, pero debemos conocer mejor el comportamiento de las diferentes estructuras del sistema músculo esquelético para poder elaborar planes mejores y más específicos. Es decir, la información que se recoja de las exploraciones es clave para poder adaptar los tratamientos a planes de ejercicio terapéutico y a las recomendaciones que haga su médico o fisioterapeuta en un futuro a otros pacientes con cirugía del LCA.

2.5.- CATEGORÍAS DE DATOS

Le preguntaremos algunos datos personales (talla, peso, edad, género, situación laboral), datos sobre su dolor de rodilla (localización, antigüedad, lado afectado) y durante la valoración recogeremos los datos objetivos de la EMG, test, así como datos de las escalas IKDC y TSK - 11.

2.6.- LEGITIMACIÓN PARA EL TRATAMIENTO DE LOS DATOS PERSONALES

El Investigador y el Promotor están obligados a conservar los datos recogidos para el estudio al menos hasta 25 años tras su finalización. Posteriormente, su información personal solo se conservará por el centro para el cuidado de su salud y por el promotor para otros fines de investigación científica si usted hubiera otorgado su consentimiento para ello, y si así lo permite la ley y requisitos éticos aplicables.

2.7.- ¿QUIÉNES ACCEDEN A SUS DATOS PERSONALES?

Se adoptarán las medidas de protección apropiadas para proteger los datos codificados durante y después del ensayo, entre ellas:

- El acceso a los datos codificados quedará limitado a personas sujetas a obligaciones de confidencialidad (incluida la obligación de no intentar volver a identificar a los pacientes ni decodificar los datos clínicos).
 - Los datos codificados se protegerán con medidas de seguridad para evitar su alteración, pérdida y accesos no autorizados y podrán aplicarse medidas adicionales que eviten la identificación.
 - Se aplicará una evaluación de impacto de protección de datos para identificar y mitigar los posibles riesgos para la privacidad, en su caso, asociados a cada investigación científica.
 - Los datos codificados no se compartirán con fines de comercialización directa ni para otros fines que no sean obligaciones legales o que no se consideren investigación científica de conformidad con la legislación vigente en materia de protección de datos. En particular, no se utilizarán para tomar decisiones sobre futuros servicios que se le pudieran ofrecer, como un seguro.

2.8.- ¿A QUIÉN SE COMUNICAN SUS DATOS PERSONALES?

Sus datos personales serán anonimizados y no se le facilitarán a nadie externos al proyecto.

2.9.- CONSERVACIÓN

Toda la información que le solicitemos es necesaria para poder participar en este estudio y es obligatorio proporcionarla para poder garantizar el correcto desarrollo del mismo.

El Centro, el investigador y el Promotor están obligados a conservar los datos recogidos para el estudio según los plazos legales establecidos en la normativa.

2.10.- DERECHOS

Con respecto a sus datos, tiene los siguientes derechos que podrá ejercer ante el investigador principal y/o centro:

- Puede preguntar en cualquier momento qué datos se están guardando (derecho de acceso), quién los usa y con qué fin; puede solicitar una copia de sus datos personales para su propio uso.
- Puede solicitar recibir una copia de los datos personales proporcionados por usted para transmitirlos a otras personas (portabilidad).
- Puede corregir los datos personales proporcionados por usted y limitar el uso de datos que sean incorrectos (derecho de rectificación y supresión).

Puede oponerse al uso de sus datos personales o restringirlo (derecho de oposición).

2.11.- DATOS CONTACTO DELEGADOS PROTECCIÓN DATOS

Delegado de Protección de datos de la Generalitat

 De la Alameda, 16. 46010 Valencia

Dirección de correo electrónico: dpd@gva.es

Puede también dirigirse al Investigador Principal del estudio cuyos datos figuran en la primera página del documento para ejercer estos derechos.

2.12.- TRANSFERENCIA INTERNACIONAL DE DATOS

El promotor podría transferir o compartir sus datos con sus delegados, socios y/o a otros investigadores dentro o fuera del Espacio Económico Europeo (EEE) aplicando las medidas de seguridad necesarias para la protección de su información.

En cualquier caso, los destinatarios de los datos no tendrán acceso al código que permite relacionar sus datos con usted; solo su médico o el personal del hospital tienen acceso a esta clave.

ANEXO 3. DATOS GENERALES Y ESPECÍFICOS

DATOS GENERALES y ESPECIFICOS

Descripción del formulario

Este formulario recoge automáticamente los correos de todos los encuestados. [Cambiar configuración](#)

1. Nombre y apellidos *

Texto de respuesta corta

2. Edad *

Texto de respuesta corta

3. Sexo *

- ☐ Mujer
- ☐ Hombre
- ☐ Prefiero no decirlo
- ☐ Otro:

4. Altura (en cm) *

Texto de respuesta corta

5. Peso (en kg) *

Texto de respuesta corta

6. ¿Cuál es su miembro inferior dominante, con el que patearía un objeto o daría un salto a una pierna? *

- ☐ Izquierda
- ☐ Derecha

Enlace para ver completo: <https://forms.gle/NbpuJiRLjHgy714z5>

ANEXO 4. IKDC

SÍNTOMAS:

1. ¿Cuál es el nivel más alto de actividad que usted puede hacer sin tener dolor significativo en la rodilla?

- ☐ Actividades muy agotadoras, tales como saltar o girar, como en el juego de baloncesto o fútbol
- ☐ Actividades agotadoras, tales como trabajo físico pesado, esquiar o jugar tenis
- ☐ Actividades moderadas, tales como trabajo físico moderado, correr o trotar
- ☐ Actividades livianas, tales como caminar, hacer trabajos en la casa o en el patio (jardín)
- ☐ No puedo hacer ninguna de las actividades indicadas arriba, debido a dolor en la rodilla

2. Durante las últimas 4 semanas, o desde que ocurrió su lesión, ¿cuán frecuentemente ha tenido usted dolor?

Marque una casilla en la escala indicada abajo, que comienza en 0 y aumenta progresivamente a 10

0 1 2 3 4 5 6 7 8 9 10
Nunca ☐ ☐ ☐ ☐ ☐ ☐ ☐ ☐ ☐ ☐ ☐ Constantemente

3. Si UD. tiene dolor, ¿cuán fuerte es el dolor?

Marque una casilla en la escala indicada abajo, que comienza en 0 y aumenta progresivamente a 10

0 1 2 3 4 5 6 7 8 9 10
Ningún dolor ☐ ☐ ☐ ☐ ☐ ☐ ☐ ☐ ☐ ☐ ☐ El peor dolor imaginable

4. Durante las últimas 4 semanas, o desde que ocurrió la lesión ¿cuán tiesa (entumecida) o hinchada estaba su rodilla?

- ☐ Nada
- ☐ Levemente
- ☐ Moderadamente
- ☐ Mucho
- ☐ Muchísimo

Enlace para ver completo: <https://forms.gle/9dTLMmYAFhuXKVvc6>

ANEXO 5. TSK-11

1. Tengo miedo de lesionarme si hago ejercicio físico *

	1	2	3	4	
Totalmente en desacuerdo	☐	☐	☐	☐	Totalmente de acuerdo

2. Si me dejara vencer por el dolor, el dolor aumentaría *

	1	2	3	4	
Totalmente en desacuerdo	☐	☐	☐	☐	Totalmente de acuerdo

3. Mi cuerpo me está diciendo que tengo algo serio *

	1	2	3	4	
Totalmente en desacuerdo	☐	☐	☐	☐	Totalmente de acuerdo

4. Tener dolor siempre quiere decir que en el cuerpo hay una lesión *

	1	2	3	4	
Totalmente en desacuerdo	☐	☐	☐	☐	Totalmente de acuerdo

5. Tengo miedo a lesionarme sin querer *

	1	2	3	4	
Totalmente en desacuerdo	☐	☐	☐	☐	Totalmente de acuerdo

6. Lo más seguro para evitar que aumente el dolor es tener cuidado y no hacer movimientos innecesarios *

	1	2	3	4	
Totalmente en desacuerdo	☐	☐	☐	☐	Totalmente de acuerdo

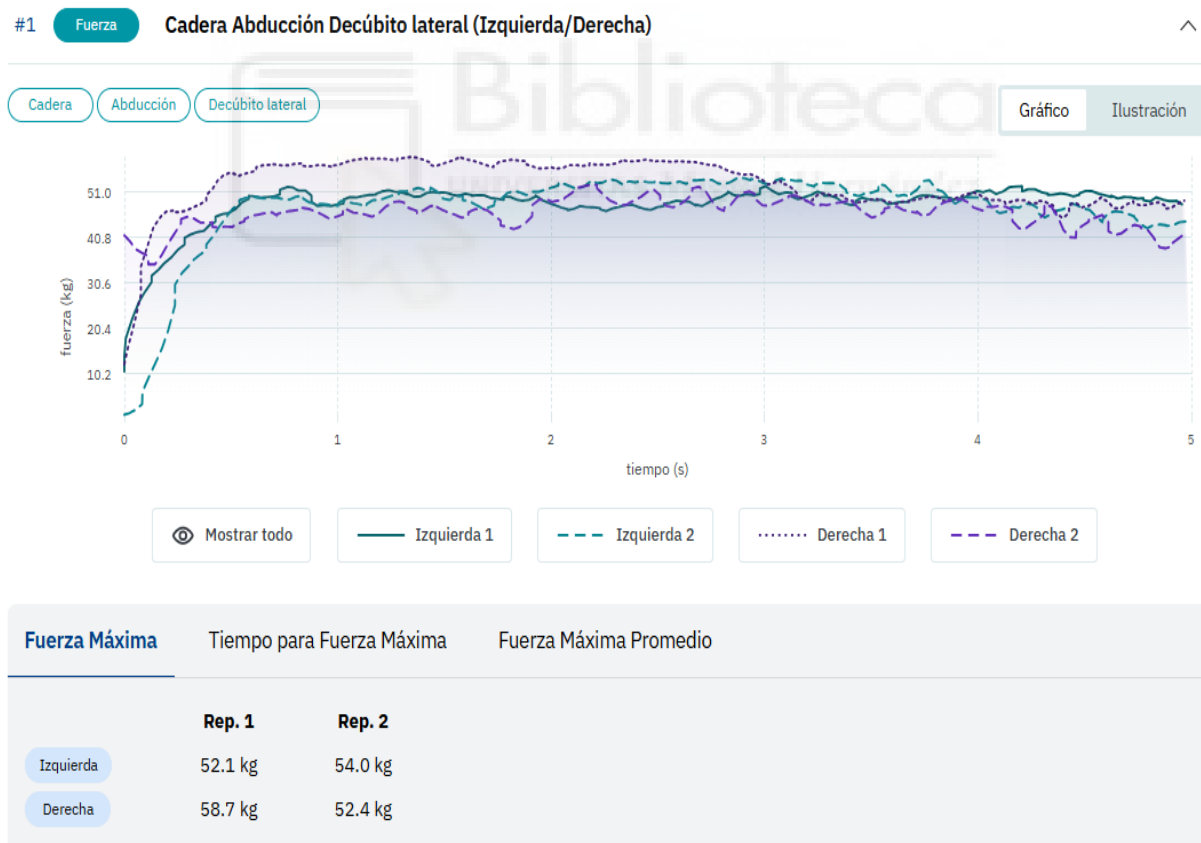
Enlace para ver completo: <https://forms.gle/TNj8MRARWh8ssraS7>

ANEXO 6. MATERIAL

MATERIAL	PRECIO	IMAGEN
Dinamómetro manual (ActivForce 2 ®)	PVP: 450 €	
Electromiógrafo (mDurance Pro ®)	PVP: 5000€	
Electrodos adhesivos	PVP: 100€	
Camilla	PVP: 150€	

Teléfono (Para la utilización del software de dinamometría)	PVP: Variable	
Ordenador (Para el análisis)	PVP: Variable	

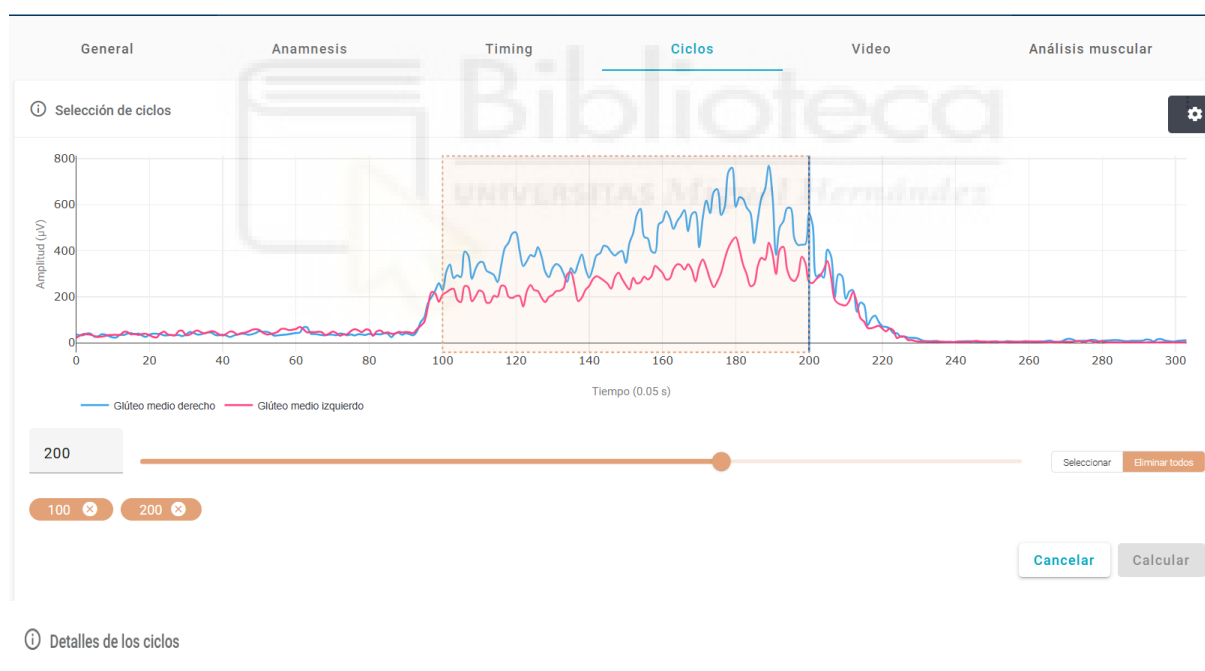
ANEXO 7. DATOS ACTIVFORCE



Fuerza Máxima	Tiempo para Fuerza Máxima		Fuerza Máxima Promedio
	Rep. 1	Rep. 2	
Izquierda	3.01 s	2.88 s	
Derecha	1.58 s	2.19 s	

Fuerza Máxima	Tiempo para Fuerza Máxima		Fuerza Máxima Promedio
	Rep. 1	Rep. 2	
Izquierda	47.8 kg	47.3 kg	
Derecha	52.2 kg	46.1 kg	

ANEXO 8. DATOS EMG



	Ciclos	RMS medio	Max. contracción
Glúteo medio derecho	1	446.1 µV	768.5 µV
	Valor medio	446.1 µV	768.5 µV
Glúteo medio izquierdo	1	274.63 µV	458.41 µV
	Valor medio	274.63 µV	458.41 µV

8. BIBLIOGRAFÍA

1. Mancino F, Kayani B, Gabr A, Fontalis A, Plastow R, Haddad FS. Anterior cruciate ligament injuries in female athletes: risk factors and strategies for prevention. *Bone Jt Open*. 2024 Feb 5;5(2):94-100. doi: 10.1302/2633-1462.52.BJO-2023-0166. PMID: 38310925; PMCID: PMC10838619.
2. Chia L, De Oliveira Silva D, Whalan M, McKay MJ, Sullivan J, Fuller CW, Pappas E. Non-contact Anterior Cruciate Ligament Injury Epidemiology in Team-Ball Sports: A Systematic Review with Meta-analysis by Sex, Age, Sport, Participation Level, and Exposure Type. *Sports Med*. 2022 Oct;52(10):2447-2467. doi: 10.1007/s40279-022-01697-w. Epub 2022 May 27. PMID: 35622227; PMCID: PMC9136558.
3. Martinez-Calderon J, Infante-Cano M, Matias-Soto J, Perez-Cabezas V, Galan-Mercant A, Garcia-Muñoz C. The Incidence of Sport-Related Anterior Cruciate Ligament Injuries: An Overview of Systematic Reviews Including 51 Meta-Analyses. *J Funct Morphol Kinesiol*. 2025 May 14;10(2):174. doi: 10.3390/jfmk10020174. PMID: 40407458; PMCID: PMC12101161.
4. Larwa J, Stoy C, Chafetz RS, Boniello M, Franklin C. Stiff Landings, Core Stability, and Dynamic Knee Valgus: A Systematic Review on Documented Anterior Cruciate Ligament Ruptures in Male and Female Athletes. *Int J Environ Res Public Health*. 2021 Apr 6;18(7):3826. doi: 10.3390/ijerph18073826. PMID: 33917488; PMCID: PMC8038785.
5. Kaeding CC, Léger-St-Jean B, Magnussen RA. Epidemiology and Diagnosis of Anterior Cruciate Ligament Injuries. *Clin Sports Med*. 2017 Jan;36(1):1-8. doi: 10.1016/j.csm.2016.08.001. Epub 2016 Oct 4. PMID: 27871652.
6. Boden BP, Sheehan FT. Mechanism of non-contact ACL injury: OREF Clinical Research Award 2021. *J Orthop Res*. 2022 Mar;40(3):531-540. doi: 10.1002/jor.25257. Epub 2022 Jan 6. PMID: 34951064; PMCID: PMC8858885.
7. Mattu AT, Ghali B, Linton V, Zheng A, Pike I. Prevention of Non-Contact Anterior Cruciate Ligament Injuries among Youth Female Athletes: An Umbrella Review. *Int J Environ Res*

- Public Health. 2022 Apr 12;19(8):4648. doi: 10.3390/ijerph19084648. PMID: 35457516; PMCID: PMC9027388.
8. Hewett TE, Myer GD, Ford KR, Heidt RS Jr, Colosimo AJ, McLean SG, van den Bogert AJ, Paterno MV, Succop P. Biomechanical measures of neuromuscular control and valgus loading of the knee predict anterior cruciate ligament injury risk in female athletes: a prospective study. *Am J Sports Med.* 2005 Apr;33(4):492-501. doi: 10.1177/0363546504269591. Epub 2005 Feb 8. PMID: 15722287.
 9. Belkhelladi M, Cierson T, Martineau PA. Biomechanical Risk Factors for Increased Anterior Cruciate Ligament Loading and Injury: A Systematic Review. *Orthop J Sports Med.* 2025 Feb 6;13(2):23259671241312681. doi: 10.1177/23259671241312681. PMID: 39958696; PMCID: PMC11826863.
 10. Barber-Westin S, Noyes FR. One in 5 Athletes Sustain Reinjury Upon Return to High-Risk Sports After ACL Reconstruction: A Systematic Review in 1239 Athletes Younger Than 20 Years. *Sports Health.* 2020 Nov/Dec;12(6):587-597. doi: 10.1177/1941738120912846. Epub 2020 May 6. PMID: 32374646; PMCID: PMC7785893.
 11. Maniar N, Cole MH, Bryant AL, Opar DA. Muscle Force Contributions to Anterior Cruciate Ligament Loading. *Sports Med.* 2022 Aug;52(8):1737-1750. doi: 10.1007/s40279-022-01674-3. Epub 2022 Apr 18. PMID: 35437711; PMCID: PMC9325827.
 12. Powers CM. The influence of abnormal hip mechanics on knee injury: a biomechanical perspective. *J Orthop Sports Phys Ther.* 2010 Feb;40(2):42-51. doi: 10.2519/jospt.2010.3337. PMID: 20118526.
 13. Rinaldi VG, Prill R, Jahnke S, Zaffagnini S, Becker R. The influence of gluteal muscle strength deficits on dynamic knee valgus: a scoping review. *J Exp Orthop.* 2022 Aug 17;9(1):81. doi: 10.1186/s40634-022-00513-8. PMID: 35976534; PMCID: PMC9385941.
 14. Moiroux-Sahraoui A, Mazeas J, Gold M, Kakavas G, Forelli F. Neuromuscular Control Deficits After Anterior Cruciate Ligament Reconstruction: A Pilot Study Using Single-Leg Functional Tests and Electromyography. *J Funct Morphol Kinesiol.* 2025 Mar 19;10(1):98. doi: 10.3390/jfmk10010098. PMID: 40137350; PMCID: PMC11942642.

15. Zazulak BT, Hewett TE, Reeves NP, Goldberg B, Cholewicki J. Deficits in neuromuscular control of the trunk predict knee injury risk: a prospective biomechanical-epidemiologic study. *Am J Sports Med.* 2007 Jul;35(7):1123-30. doi: 10.1177/0363546507301585. Epub 2007 Apr 27. PMID: 17468378.
16. Hermens HJ, Freriks B, Disselhorst-Klug C, Rau G. Development of recommendations for SEMG sensors and sensor placement procedures. *J Electromyogr Kinesiol.* 2000 Oct;10(5):361-74. doi: 10.1016/s1050-6411(00)00027-4. PMID: 11018445. [https://doi.org/10.1016/s1050-6411\(00\)00027-4](https://doi.org/10.1016/s1050-6411(00)00027-4)
17. Fandino W. Formulating a good research question: Pearls and pitfalls. *Indian J Anaesth.* 2019 Aug;63(8):611-616. doi: 10.4103/ija.IJA_198_19. PMID: 31462805; PMCID: PMC6691636.
18. Thorborg K, Petersen J, Magnusson SP, Hölmich P. Clinical assessment of hip strength using a hand-held dynamometer is reliable. *Scand J Med Sci Sports.* 2010 Jun;20(3):493-501. doi: 10.1111/j.1600-0838.2009.00958.x. Epub 2009 Jun 23. PMID: 19558384.
19. Widler KS, Glatthorn JF, Bizzini M, Impellizzeri FM, Munzinger U, Leunig M, Maffiuletti NA. Assessment of hip abductor muscle strength. A validity and reliability study. *J Bone Joint Surg Am.* 2009 Nov;91(11):2666-72. doi: 10.2106/JBJS.H.01119. PMID: 19884441.
20. Burden A. How should we normalize electromyograms obtained from healthy participants? What we have learned from over 25 years of research. *J Electromyogr Kinesiol.* 2010 Dec;20(6):1023-35. doi: 10.1016/j.jelekin.2010.07.004. Epub 2010 Aug 10. PMID: 20702112.
21. Molina-Molina A, Ruiz-Malagón EJ, Carrillo-Pérez F, Roche-Seruendo LE, Damas M, Banos O, García-Pinillos F. Validation of mDurance, A Wearable Surface Electromyography System for Muscle Activity Assessment. *Front Physiol.* 2020 Nov 27;11:606287. doi: 10.3389/fphys.2020.606287. PMID: 33329060; PMCID: PMC7732544.
22. Noehren B, Abraham A, Curry M, Johnson D, Ireland ML. Evaluation of proximal joint kinematics and muscle strength following ACL reconstruction surgery in female athletes.

- J Orthop Res. 2014 Oct;32(10):1305-10. doi: 10.1002/jor.22678. Epub 2014 Jul 8. PMID: 25044305; PMCID: PMC4314615.
23. Simonsson R, Sundberg A, Piusi R, Högberg J, Senorski C, Thomeé R, Samuelsson K, Della Villa F, Hamrin Senorski E. Questioning the rules of engagement: a critical analysis of the use of limb symmetry index for safe return to sport after anterior cruciate ligament reconstruction. *Br J Sports Med.* 2025 Mar 3;59(6):376-384. doi: 10.1136/bjsports-2024-108079. PMID: 39797641; PMCID: PMC11874420.
 24. Di Stasi SL, Logerstedt D, Gardinier ES, Snyder-Mackler L. Gait patterns differ between ACL-reconstructed athletes who pass return-to-sport criteria and those who fail. *Am J Sports Med.* 2013 Jun;41(6):1310-8. doi: 10.1177/0363546513482718. Epub 2013 Apr 5. PMID: 23562809; PMCID: PMC3732407.
 25. Arundale AJH, Capin JJ, Zarzycki R, Smith AH, Snyder-Mackler L. TWO YEAR ACL REINJURY RATE OF 2.5%: OUTCOMES REPORT OF THE MEN IN A SECONDARY ACL INJURY PREVENTION PROGRAM (ACL-SPORTS). *Int J Sports Phys Ther.* 2018 Jun;13(3):422-431. PMID: 30038828; PMCID: PMC6044585.
 26. Jacobs CA, Uhl TL, Mattacola CG, Shapiro R, Rayens WS. Hip abductor function and lower extremity landing kinematics: sex differences. *J Athl Train.* 2007 Jan-Mar;42(1):76-83. PMID: 17597947; PMCID: PMC1896084.
 27. Mendiguchia J, Ford KR, Quatman CE, Alentorn-Geli E, Hewett TE. Sex differences in proximal control of the knee joint. *Sports Med.* 2011;41(7):541-57. doi:10.2165/11589140-000000000-00000
 28. Maffiuletti NA, Aagaard P, Blazevich AJ, Folland J, Tillin N, Duchateau J. Rate of force development: physiological and methodological considerations. *Eur J Appl Physiol.* 2016 Jun;116(6):1091-116. doi: 10.1007/s00421-016-3346-6. Epub 2016 Mar 3. PMID: 26941023; PMCID: PMC4875063.
 29. Angelozzi M, Madama M, Corsica C, Calvisi V, Properzi G, McCaw ST, Cacchio A. Rate of force development as an adjunctive outcome measure for return-to-sport decisions after

- anterior cruciate ligament reconstruction. *J Orthop Sports Phys Ther*. 2012 Sep;42(9):772-80. doi: 10.2519/jospt.2012.3780. Epub 2012 Jul 19. PMID: 22814219.
30. Tarchichi J, Zalaket J, Graveleau N, Laboudie P, Bouguennec N. Evidence for arthrogenic inhibition of the gluteus medius after anterior cruciate ligament injury: A systematic review. *J Exp Orthop*. 2025 Nov 14;12(4):e70551. doi: 10.1002/jeo2.70551. PMID: 41245725; PMCID: PMC12616644.

