



**ESCUELA
DE ENFERMERÍA
Y FISIOTERAPIA**



SAN JUAN DE DIOS

Grado en Fisioterapia

Trabajo Fin de Grado

Título:

Valorar las diferencias de fuerza y estabilidad tras un ejercicio co-contracción de cuádriceps e isquiotibiales con electroestimulación en futbolistas operados de ligamento cruzado anterior.

Alumno: Martín Pérez Saz

Tutor: Elisa María Benito Martínez

Madrid, Abril de 2020

ÍNDICE

Resumen	6
1. Antecedentes y estado actual del tema	9
2. Evaluación de la evidencia	21
2.1. Diagrama de flujo	22
3. Objetivos del estudio	23
3.1. Objetivo principal	23
3.2. Objetivos específicos	23
4. Hipótesis	24
5. Metodología	25
5.1. Diseño	25
5.2. Sujetos de estudio	26
5.3. Cálculo muestral	26
5.4. Variables	29
5.5. Hipótesis operativas	30
5.6. Recogida y análisis de datos	32
5.7. Limitaciones del estudio	34
5.8. Equipo investigador	34
6. Plan de trabajo	35
6.1. Diseño de intervención	35
6.2. Etapas del desarrollo	41
6.3. Distribución de tareas del equipo investigador	42
6.4. Lugar de realización del proyecto	42
7. Referencias	43
Anexos	46

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 110

Figura 210

Figura 3.....11

Figura 415

Figura 515

Figura 6.....16

Figura 7.....20

Figura 836

Figura 936

Figura 1039

Figura 1140

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 118

Tabla 221

Tabla 321

Tabla 429

Tabla 541

RESUMEN

Antecedentes.

Una de las lesiones más comunes en la articulación de la rodilla es la rotura del ligamento cruzado anterior. El fútbol, el baloncesto, o el esquí son los deportes en los cuales es más habitual la lesión de este ligamento. Esto se debe a que son deportes que requieren aceleraciones, desaceleraciones, saltos y cambios de dirección. Tras producirse la lesión, la rodilla sufre un proceso de inflamación y derramen articular, disminuye la estabilidad de la articulación, y en caso de inmovilización, puede aparecer una atrofia del vasto interno del cuádriceps. Para realizar el diagnóstico del estado del ligamento, tiene que realizarse una resonancia magnética. Actualmente, existen distintos protocolos de rehabilitación y recuperación del ligamento cruzado anterior. Uno de ellos es el empleo de la electroestimulación para favorecer la ganancia de fuerza en la musculatura de la articulación de la rodilla y evitar la atrofia de esta.

Objetivos.

Valorar las diferencias de fuerza y estabilidad tras un ejercicio co-contracción de cuádriceps e isquiotibiales con electroestimulación en futbolistas operados de ligamento cruzado anterior.

Metodología.

El proyecto de investigación consiste en el diseño de un estudio analítico experimental, con carácter prospectivo y con una evaluación ciega por terceros. El tamaño de la muestra es de 182 sujetos. El grupo experimental será el que realice el ejercicio de co-contracción de cuádriceps e isquiotibiales con electroestimulación, y el un grupo control, será el que realice el mismo ejercicio de forma alterna realizando dos fases isométricas. Se realizará una medición al principio y otra al final del proyecto de la fuerza del cuádriceps en concéntrico a 60°, la fuerza de los isquiotibiales en excéntrico a 30°, con el dinamómetro isocinético; y la elipse de confianza, el desplazamiento antero-posterior y el desplazamiento latero-medial con la plataforma estabilométrica. Finalmente, se compararán los resultados de ambos grupos.

Palabras clave.

Ligamento cruzado anterior, electroestimulación, fútbol, estabilidad, fuerza, ratio Q/H.

ABSTRACT

Background.

One of the most common injuries on the knee joint is a tear of the anterior cruciate ligament. Soccer, basketball or ski are the sports in which this injury is more regular. This is because these sports require accelerations, decelerations, changes of direction and jumps. After the injury occurs, the first symptoms are: knee inflammation, joint leak, decreased joint stability and, in the case of immobilization, an atrophy of the vast internal quadriceps may appear. In order to make a diagnosis of the situation of the ligament, a magnetic resonance has to be done. Currently, we have different protocols of rehabilitation and recovery of the anterior cruciate ligament. One of them is the use of electrostimulation in order to promote the gain of strength in the knee joint musculature and prevent its atrophy.

Objectives.

Value the differences in strength and stability after applying electrostimulation exercises in quadriceps and hamstrings in soccer players who have undergone surgery for the anterior cruciate ligament.

Methodology.

The investigation project consists on the design of an analytical-experimental study, prospective and with a blind evaluation by third parties. The sample size is 182 people. The experimental group is the one that is going to perform the quadriceps and hamstrings contraction with electrostimulation, and, the control group, is the one that is going to perform the same exercise but alternately performing two isometric phases. A measurement of the quadriceps strength in 60° concentric and, the strength of the hamstrings in 30° eccentric will be made through the isokinetic dynamometer and its trusted ellipse at the beginning and at the end of the investigation. A measurement of the knee stability is going to be made also at the beginning and at the end of the investigation through the platform of forces in which we are going to measure the anteroposterior displacement and the lateral medial displacement. Finally, the results of the two groups will be compared.

Key words.

Anterior cruciate ligament, electrostimulation, soccer, stability, strength, ratio Q/H.

1. ANTECEDENTES

Una de las lesiones más comunes en la articulación de la rodilla, y en el ámbito del fútbol, es la rotura del ligamento cruzado antero-externo (LCAE). Además del fútbol, es muy común en baloncesto y balonmano. Esto se debe a las aceleraciones, desaceleraciones y giros que requieren la práctica de estos deportes. (1)

El ligamento cruzado anterior va de la cara axial del cóndilo externo del fémur hasta la superficie preespinal de la tibia. La dirección de este ligamento es oblicua hacia arriba, hacia atrás y hacia fuera. Limita el deslizamiento anterior de la tibia y la rotación interna.

Los mecanismos lesionales más comunes son las desaceleraciones con la rodilla en extensión, el aterrizaje de un salto y los cambios de dirección con el pie clavado al suelo. Junto con la distensión de los isquiotibiales, son las lesiones sin contacto más frecuentes en el ámbito del fútbol. (1-3)

Una vez se produce la lesión, el paciente cae al suelo sin la capacidad de levantarse ni de volver a realizar la actividad deportiva que estaba realizando, y también muestra serias dificultades para volver a caminar. (4)

Durante la inspección de la rodilla que ha sido lesionada se puede observar una inflamación de las estructuras debido a la rotura de los vasos sanguíneos. Puede haber una atrofia del vasto interno del cuádriceps debido a la inmovilización o por la disminución de la actividad física debido al dolor. Se utiliza la palpación para comprobar el estado de los ligamentos colaterales. Para comprobar la estabilidad se utilizan test clínicos y los resultados más específicos se obtiene de la prueba "Lachman" y la prueba "Pivot shift". (5)

La prueba de "Lachman" es una maniobra de examen físico para comprobar la integridad del LCAE. La prueba se realiza para evaluar el deslizamiento anterior de la tibia con respecto al fémur. Múltiples estudios han demostrado que la prueba de "Lachman" es más sensible y específica para el diagnóstico de rotura de LCAE que la prueba del cajón anterior. (6)



Figura 1. (7) Evaluating Different Clinical Diagnosis of Anterior Cruciate Ligament Ruptures In Providers with Different Training Backgrounds.

La prueba de “Pivot shift” es una maniobra diagnóstica para determinar la integridad del LCAE. La rodilla se lleva a una flexión inicial de 30°, y posteriormente se realiza una extensión completa de la rodilla mientras que la mano craneal del fisioterapeuta realiza una rotación interna de tibia provocando un movimiento valguizante de la rodilla. (7)



Figura 2. (7) Evaluating Different Clinical Diagnosis of Anterior Cruciate Ligament Ruptures In Providers with Different Training Backgrounds.

Para el diagnóstico del estado del ligamento es necesario que el individuo se someta a una resonancia magnética, la cual tiene una fiabilidad del 95%. Es necesario realizar una radiografía anteroposterior para excluir posibles avulsiones de la parte ósea donde se inserta el ligamento. Las lesiones de los ligamentos de la rodilla generalmente no están aisladas, sino que provoca también una lesión de los meniscos, de la capsula articular y a nivel de la meseta tibial. La lesión que más se asocia con la rotura de LCAE, es una lesión de la meseta tibial, también conocido como *bone bruise*. La incidencia de la rotura del menisco junto con el LCAE de la rodilla es del 37% al 86%. Generalmente es el menisco interno. Además, la presencia de ambas lesiones provoca cambios degenerativos en el cartílago y en la articulación de la rodilla. (5)



Figura 3. (4) Prevalencia de Lesiones Asociadas a Rotura Aguda de Ligamento Cruzado Anterior (LCA)

La lesión de LCAE se asocia con la aparición de osteoartritis, y la cirugía y reconstrucción de este no han contribuido a prevenir el riesgo de osteoartritis. (1)

Cada año en Estados Unidos ocurren alrededor de 100.000 lesiones de ligamento cruzado anterior en deportistas jóvenes (entre los 15 y los 30 años). Esto provoca problemas a nivel físico, psicológico y económico. Con respecto al gasto económico, anualmente se gastan millones de euros, teniendo en cuenta que cada intervención quirúrgica tiene un valor de 15.500 euros. (4)

Dentro de los distintos deportes en los cuáles hay una mayor posibilidad de que exista una rotura de LCAE, los más importantes son:

- Fútbol: 55%.
- Baloncesto: 20%.
- Esquí: 17%. (4)

En un equipo de 25 futbolistas, se esperan aproximadamente 50 lesiones por temporada. Dentro de ellas, se esperan una lesión de LCAE cada dos temporadas. Estas lesiones pueden comprometer el rendimiento competitivo del equipo y tener un impacto económico en el club. Pese al avance científico y estudios que tratan los factores de riesgo de esta lesión, no se ha conseguido reducir el número de lesiones de LCAE en futbolistas desde el principio de este siglo. (2,8)

La mayoría de las lesiones de LCAE se producen sin contacto cuando el jugador realiza movimientos rápidos y en cambios de dirección. El factor de riesgo más destacado es la diferencia del ratio Q/H (ratio agonista-antagonista) de los músculos de la rodilla. En futbolistas, frecuentemente suele haber una mayor actividad de la musculatura extensora (cuádriceps) y una actividad reducida de la musculatura flexora (isquiotibiales). (3,8)

Otros factores de riesgo según se ha demostrado en numerosos estudios son la laxitud articular, desgarros del ligamento anteriores, el índice de masa corporal, influencias hormonales, la fatiga, y el sexo, las mujeres tienen mayor incidencia en lesiones de LCAE que los hombres. (3,9)

La incidencia de esta lesión en mujeres es de 2 a 8 veces más que en los hombres, sobre todo entre los 16 y los 18 años. Algunos factores de riesgo son:

- Una alta concentración de la hormona relaxina colagenolítica implica un aumento de laxitud de la rodilla, influyendo directamente sobre la fuerza del ligamento.
- La postura en el aterrizaje de un salto, donde presentan una posición más erguida que los hombres lo que provoca una menor flexión de cadera y de rodilla y una mayor rotación interna y aducción de la cadera. Estos factores sumados a una laxitud articular de la rodilla y la debilidad muscular de los músculos de la cadera aumentan la tensión del LCAE.

- La presencia de pie plano provoca que se realice una rotación interna de la tibia colocando en tensión el LCAE. (10,11)

Según Hewett, tener un valgo excesivo, y mantener este grado de valgo en la caída de un salto, es otro factor de riesgo para sufrir una lesión del LCAE sin contacto. (3)

Según Barber-Westin y Noyes, el tiempo de lesión y de recuperación de un deportista de élite de una lesión de LCAE eran 6 meses, basándose en criterios subjetivos. (12)

Actualmente, la vuelta a la actividad física de alto nivel está comprobada de una manera más objetiva. Se realizan estudios de la análisis de movimiento para detectar patrones de movimiento asimétrico tras la intervención quirúrgica, pruebas de resistencia isocinética, pruebas de salto único o pruebas de triple salto. (12)

Con respecto a la vuelta a la actividad física, los atletas profesionales tienen una reincorporación más rápida que atletas no profesionales. Esto se debe a las condiciones físicas y la fuerza, una rehabilitación supervisada tanto antes de la operación para tonificar la musculatura y preparar la rodilla para la intervención, como después de la operación para acelerar la recuperación lo máximo posible. Generalmente el motivo económico y financiero del club es otro factor para que la vuelta a la práctica del deporte sea más rápida. (13,14)

Es importante conocer, que los deportistas profesionales que vuelven a realizar la actividad física a un alto nivel y que han sido intervenidos quirúrgicamente tras una rotura de LCAE, tienen un alto riesgo, con tasas que ascienden hasta el 23%, de sufrir una segunda lesión de LCAE. Esta segunda lesión puede producirse en la pierna ipsilateral o en la pierna contralateral. (12)

Frecuentemente los pacientes operados de LCAE presentan una fuerza y nivel de activación menor que en los pacientes que no han sido intervenidos. Esto se puede observar tras uno o dos años después de la operación. Este factor provoca influye en el rendimiento deportivo y en la calidad de vida.

Durante un partido de fútbol, en acciones como correr, chutar, cambios de dirección y saltar, la contracción concéntrica del cuádriceps esta equilibrada por una contracción excéntrica de los isquiotibiales. La co-contracción de los isquiotibiales ayuda a prevenir el exceso de contracción del cuádriceps mejorando la estabilidad de la articulación de la rodilla y

reduciendo la abducción excesiva de la articulación de la rodilla durante el momento de aterrizaje. Por lo tanto, un déficit de fuerza y de activación en la musculatura flexora limitan el potencial muscular para proteger las estructuras ligamentosas. Debido a esto, se asocia una ruptura de LCAE a un desequilibrio de fuerza entre el cuádriceps y los isquiotibiales. (2,15,16)

Steindler fue el primero en sugerir que la fuerza de la musculatura extensora debe ser superior a la musculatura flexora en una magnitud de 3/2 (66%). El ratio Q/H se calcula dividiendo la fuerza máxima de los flexores entre la fuerza máxima de los extensores. (2)

Hislop and Perrine, en 1960, introdujeron los dinamómetros isocinéticos. Los estudios han evaluado sólo la contracción concéntrica y recomiendan un ratio Q/H que varía en torno al 50% y el 80%. (2)

Los dinamómetros isocinéticos son herramientas que permiten evaluar la capacidad muscular en estado dinámico de un músculo o grupos musculares. El miembro evaluado acelera hasta alcanza una velocidad angular constante y se mide la fuerza en cada ángulo del rango de movilidad articular. (17)

En futbolistas, se puede evaluar de manera válida y fiable la capacidad muscular de isquiotibiales y cuádriceps. Con respecto al tipo de contracción isocinética, generalmente se realiza una contracción concéntrica debido a que es más factible y segura que la contracción excéntrica. Estos músculos pueden ser evaluados a distintas velocidades angulares:

- A bajas velocidades (0°/segundo-180°/segundo) se mide la cantidad pura de fuerza muscular.
- A altas velocidades (>180°/segundo) se obtiene el control neuromotor. (17)

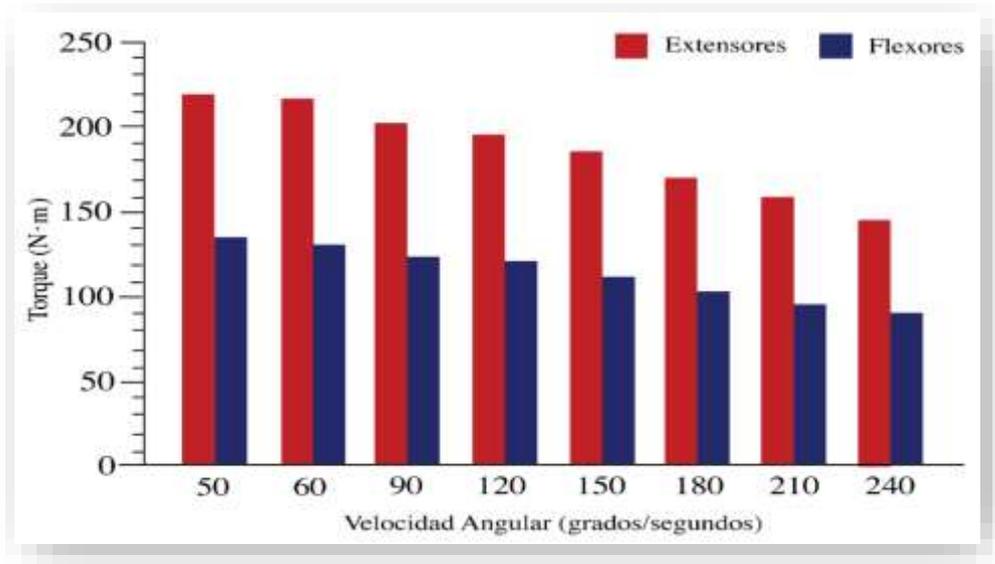


Figura 4. (17) Valores de referencia de fuerza isocinética a 60°/segundo de extensores y flexores de rodilla en deportistas de selecciones Colombia.

Durante las pruebas isocinéticas, existe una fuerza gravitacional además de la fuerza del miembro sobre el plano vertical. Esto provoca que el torque que se obtiene no es el torque muscular, sino que es el resultado de la fuerza muscular y de las fuerzas gravitacionales. (17)

Nelson y Duncan en 1983 realizaron un estudio como mecanismo de corrección de la gravedad midiendo la fuerza muscular a favor de la gravedad y partiendo de un estado de relajación. (17)

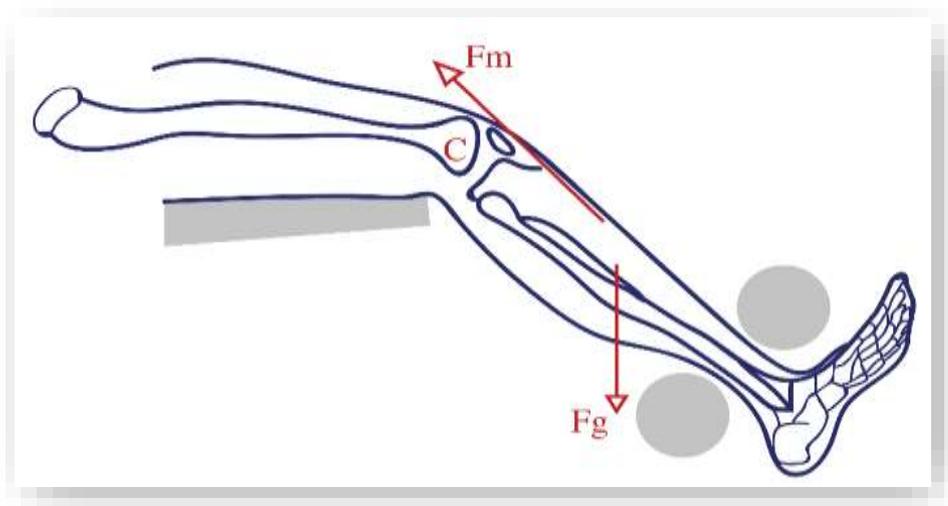


Figura 5.(17) Valores de referencia de fuerza isocinética a 60°/segundo de extensores y flexores de rodilla en deportistas de selecciones Colombia.

Klein y Allman propusieron un ratio Q/H del 60%. Este porcentaje fue utilizado por Heiser, donde mostró una reducción en el número de lesiones en futbolistas. Desde este momento este valor se volvió normativo y ha sido utilizado de forma habitual para comprobar el desequilibrio muscular en cuanto al ratio Q/H. (2)

Actualmente, el valor normativo de ratio Q/H es del 0,74. Multitud de estudios demuestran que cuanto mayor sea el ratio Q/H, habrá menos posibilidades de sufrir una lesión de LCAE. Es decir, cuanto más próxima sea la relación Q/H a 1/1, la probabilidad de tener una rotura de LCAE será menor. (2,18,19)

La estabilidad es otro parámetro importante a la hora de decidir el momento en el que el atleta profesional puede volver a realizar actividad física de alto nivel. Una de las pruebas que se emplea en un número elevado de estudios es la prueba "Y balance". Esta test es una prueba dinámica para el equilibrio en las extremidades inferiores. (10,20,21)

Es una prueba con poco margen de error, tiene fiabilidad y validez comprobadas y evalúa el movimiento en múltiples direcciones en poco tiempo. Consiste en tener el miembro inferior patológico apoyado, y con el miembro inferior sano, tocar distintos puntos (figura 4).

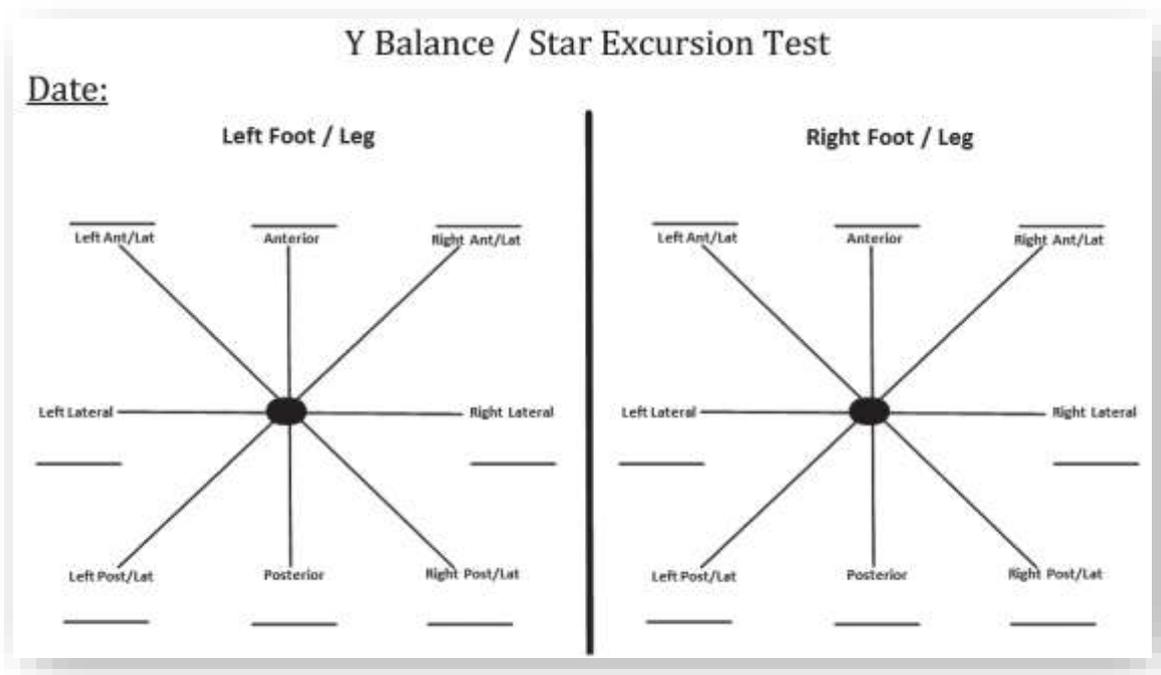


Figura 6. (10) Establishment and Evaluation of an Anterior Cruciate Ligament Injury Prevention Program.

Una de las desventajas de este test, es que el examinador debe ser el mismo en la primera medición y en la última para así minimizar el margen de error. Debido a esto, actualmente, se emplean otras herramientas más cuantitativas para la valoración de la estabilidad de la rodilla. (10)

La estabilometría es el estudio del equilibrio postural mediante la cual se detectan alteraciones de la postura y del equilibrio. A diferencia del test “Y balance”, la estabilometría utiliza sensores de presión que analiza de forma objetiva y cuantitativa el equilibrio postural y registra las desviaciones en el centro de presión, en sentido antero-posterior y latero-medial. El dispositivo que se emplea para recoger esta información, se denominan plataformas estabilométricas. (22)

Existen dos tipos de plataformas estabilométricas, las estáticas y las dinámicas. Las estáticas se diferencian entre sí por el número de sensores, la superficie y el software que acompaña a la plataforma. (22)

La plataforma estabilométrica permite valorar:

- Control motor, donde se evalúa la capacidad del paciente de recuperar el equilibrio en contra de perturbaciones externas.
- Capacidad de adaptación, donde se evalúa la habilidad del paciente de modificar su reacción motora y da para cada movimiento de la plataforma el valor de fuerza correspondiente para superar la inestabilidad. (22)

Hoy en día, la intervención quirúrgica de LCAE, es obligatoria para todas aquellas personas que quieran seguir realizando una actividad física de forma profesional, puesto que, de no someterse a la intervención, puede sufrir anomalías en la estabilidad de la articulación. (23,24)

Con el paso del tiempo, puede conducir a una inestabilidad rotacional, causar daño en los meniscos y el cartílago, y posiblemente en una artritis postraumática. (23)

Actualmente existen dos opciones de plastia para la intervención de LCAE:

- Los *autoinjertos*: sustituye el LCAE con otra parte del cuerpo, generalmente tendón rotuliano o tendones de la pata de ganso.
- Los *aloinjertos*: utiliza tejidos procedentes de otro individuo, tales como el tendón de Aquiles, tendón del tibial anterior o tendón de los peroneos. (23)

Los más empleados hoy en día son los autoinjertos, esto se debe a su gran capacidad de integración y de resistencia de cargas. (23,25)

Los más utilizados en todo el mundo, son los injertos de los tendones de los isquiotibiales (semitendinoso y gracilis), aunque el injerto del tendón rotuliano (BPTB) sigue siendo una gran opción ya que tiene una gran integración ósea. Ambos injertos provocan un déficit de fuerza en la musculatura de la articulación de la rodilla. (23)

Tema	Carga máxima a falla (N)	Rigidez (N / mm)
LCA intacta (con fémur y tibia)	2160 (\pm 157)	242 (\pm 28)
Dos hebras de gracilis	1550 (\pm 369)	370 (\pm 108)
Dos hebras semitendinosas	2640 (\pm 320)	534 (\pm 76)
Cuatro hilos combinados de isquiotibiales	4090 (\pm 295)	276 (\pm 204)
7 mm BPTB	2238 (\pm 316)	327 (\pm 58)
10 mm BPTB	2977 (\pm 516)	424/455 (\pm 57/67)
15 mm BPTB	4389 (\pm 708)	556 (\pm 67)
10 mm QTB	2353 (\pm 495)	621 (\pm 122)
Tornillo de interferencia (BPTB)	683-863	76-80
Tornillo de interferencia (isquiotibiales)	534-925	189-315
Endobutton (isquiotibiales)	520-1364	35-195
Tornillo de interferencia y endobutton (isquiotibiales)	1290-1449	307-341

ACL: ligamento cruzado anterior; QTB: cuádriceps-tendón-hueso; BPTB: hueso-rótula-tendón-hueso.

Tabla 1. (25) Biomechanics of the anterior cruciate ligament.

Si se elige el injerto rotuliano (BPTB), el paciente puede experimentar dolor el cara anterior de la rodilla, déficit de fuerza de la musculatura extensora, osteoartritis patelofemoral y eventualmente, fractura rotuliana. (23,25)

Por otra parte, si la elección de la intervención es con tendones de la musculatura isquiotibial, pueden provocar un déficit de fuerza de la musculatura flexora de rodilla. Esto interfiere de manera activa en la rehabilitación y la vuelta a la práctica de la actividad física. Además, estos tendones tienen un papel importante con respecto a la estabilidad de la articulación, especialmente contra el estrés en valgo. (23,25)

Por tanto, es factible hacer una selección individual del injerto, por ejemplo, evitar injertos del tendón rotuliano (BPTB) cuando existe una fractura de la meseta tibial, o evitar injertos de los isquiotibiales cuando existe una lesión concomitante del ligamento colateral medial. (25)

Los últimos estudios demuestran que, tanto en la intervención con injerto rotuliano, como en la intervención con injerto de los isquiotibiales, hay un desequilibrio del ratio Q/H. Pero este desequilibrio fue más evidente en las intervenciones quirúrgicas con injerto del tendón rotuliano (BPTB). (23)

La electroestimulación neuromuscular es una herramienta de la fisioterapia que ha sido utilizada en multitud de programas de rehabilitación para aumentar la fuerza muscular. (26,27)

De forma general, los estudios con electroestimulación han tenido como objetivo mejorar la potencia muscular y las condiciones de los atletas y deportistas de alto nivel. La electroestimulación se puede combinar con distintos tipos de contracciones, la isométrica y la anisométrica (concéntrica, excéntrica y pliométrica). (28)

Los últimos estudios demuestran que el mayor aumento de fuerza en un músculo tras aplicar electroestimulación viene acompañado de un ejercicio pliométrico. El aumento de fuerza menos significativo es con un trabajo isométrico y entre estas dos, se encuentra el trabajo excéntrico. (28-30)

La electroestimulación puede tener distintos fines terapéuticos, desde un efecto relajante y descontracturante, hasta conseguir una hipertrofia muscular. Esto implica que hay parámetros que se deben ajustar al paciente de una forma concreta e individualizada dependiendo de las características físicas y los objetivos del paciente. (26,29)

El tipo de corriente es uno de estos parámetros que se deben ajustar. Hoy en día, se utiliza con más frecuencia la corriente bifásica simétrica puesto que se ha demostrado que se obtienen mejores resultados en cuanto a datos de fuerza que la corriente bifásica asimétrica. (30)

La frecuencia de la corriente tiene una importancia vital a la hora de establecer un fin de tratamiento. En atletas que se pretende potenciar la fuerza, se emplean frecuencias entre 70-75Hz para conseguir una hipertrofia muscular máxima, entre 75-120Hz para conseguir una mejora en la fuerza explosiva, y las comprendidas entre 120-150Hz para conseguir un aumento de la fuerza explosiva-elástica, actuando sobre las fibras tipo II. (29-31).

La intensidad a la que se coloca la electroestimulación es hasta conseguir un 60% de la contracción isométrica voluntaria máxima. Como se conoce que la fuerza máxima isométrica puede cambiar de un día para otro, y que en esta corriente no hay impulsos modulados que

evitan la acomodación, la intensidad que se le da a la electroestimulación es la máxima tolerada por el paciente. (30,32)

La altura de la onda en su parte positiva, conocido como ancho de impulso, ascienden a valores de 300mseg con el fin de aumentar el porcentaje de fuerza. (29,32)

Con respecto al tiempo de reposo y al tiempo de paso de la corriente, al tratarse de fuerza explosiva, los reposos deben ser más largos. Esto se debe a que, al tratarse de fuerza explosiva, hay una mayor fatiga muscular. (32,33)

Y para finalizar con los parámetros, el tiempo de entrenamiento de una sesión y el número de sesiones a la semana tiene que estar ajustado de forma individual al paciente para obtener de él, el mayor rendimiento posible. El tiempo de descanso entre sesión y sesión debe ser de 48-72 horas con el fin de que el músculo o los músculos implicados en el tratamiento se encuentren en condiciones óptimas para el protocolo de electroestimulación que se le vaya a aplicar. Dentro de cada sesión, el tiempo de tratamiento tiene que estar comprendido entre los 8 y los 12 minutos. (34)

Para la transmisión de la electroestimulación se utilizan unos electrodos adhesivos que se colocan sobre la piel del paciente. En el caso de la recuperación tras una rotura de LCAE, se colocan dos canales, uno para el vasto externo del cuádriceps, y otro para el recto anterior y el vasto interno del cuádriceps. (35)



Figura 7. (36) Benito Martinez, E. Electroestimulación Neuromuscular en el Deporte.

2. EVALUACIÓN DE LA EVIDENCIA.

Se han realizado búsquedas bibliográficas en la base de datos de Pubmed. Los términos empleados han sido:

TÉRMINOS EN CASTELLANO	TÉRMINOS EN INGLÉS
LIGAMENTO CRUZADO ANTERIOR (LCA)	Anterior cruciate ligament (ACL)
FUERZA	Strength
ESTABILIDAD	Stability
RATIO Q/H	Ratio Q/H
FÚTBOL	Soccer
ELECTROESTIMULACIÓN	Electrical stimulation

Tabla 2. Términos de búsqueda. Elaboración propia.

En la búsqueda se han utilizado los filtros *clinical trial, published in the last 5 years, y adults between 19 and 44 years*. También se han utilizado los operadores booleanos *and* y *or*. Los resultados fueron:

TÉRMINOS DE BÚSQUEDA	ARTÍCULOS OBTENIDOS
ACL AND STABILITY AND RATIO Q/H	1
ACL AND STRENGTH AND RATIO Q/H	21
ACL AND RATIO Q/H	1
ACL AND ELECTRICAL STIMULATION AND SOCCER	2
ELECTRICAL STIMULATION AND SOCCER	32
RATIO Q/H	6
SOCCER AND RATIO Q/H	1
SOCCER AND ACL AND STABILITY	49
SOCCER AND ACL AND STRENGTH	42 o 103
SOCCER AND ACL AND RATIO Q/H	5
TOTAL	221

Tabla 3. Términos de búsqueda. Elaboración propia.

2.1 Diagrama de flujo.

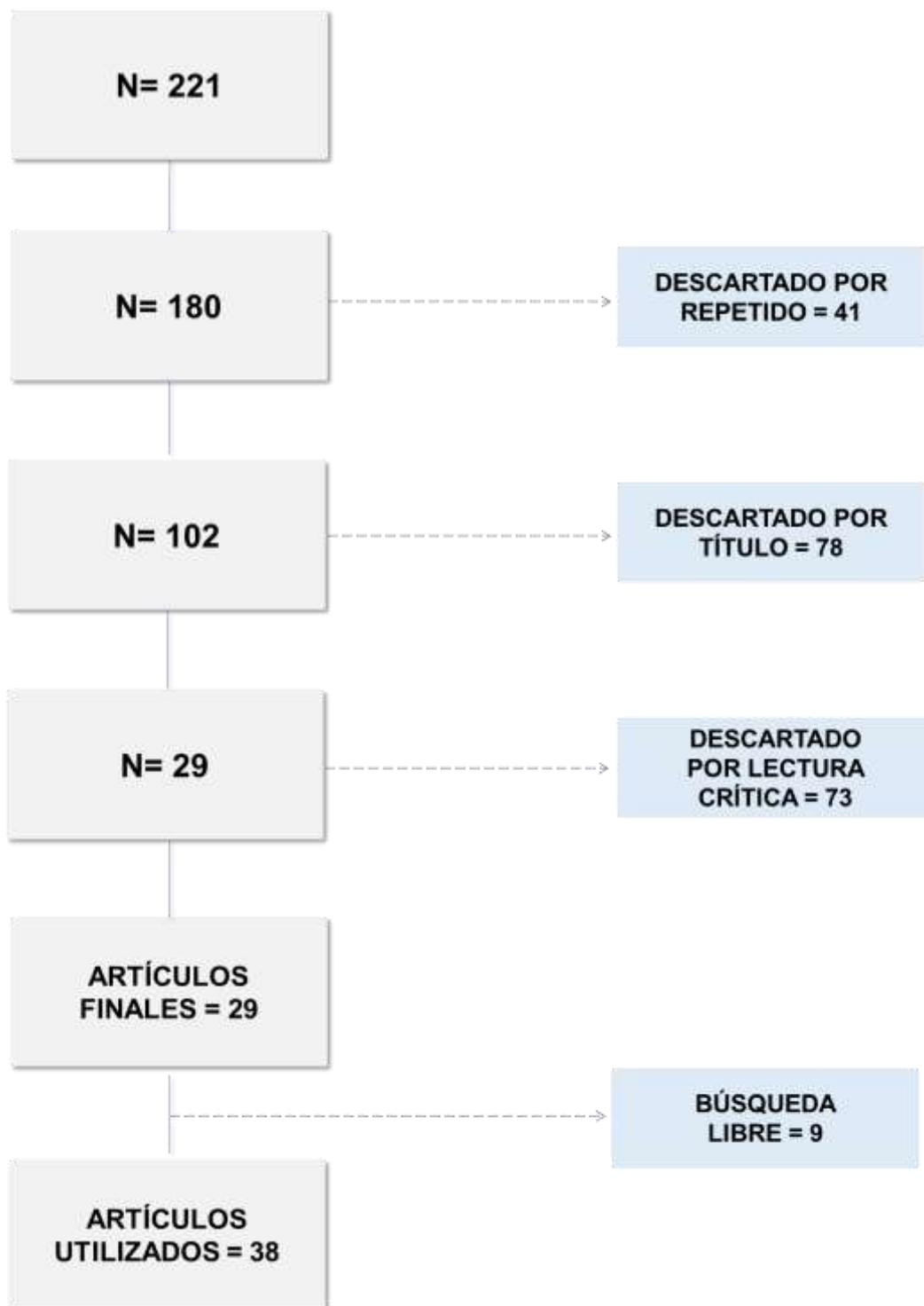


Diagrama de flujo. Elaboración propia.

3. OBJETIVOS DEL ESTUDIO.

3.1 Objetivo principal.

Valorar si existe variación en la funcionalidad tras una intervención quirúrgica de ligamento cruzado anterior (LCAE) en futbolistas de alto rendimiento con una edad comprendida entre los 18 y los 40 años mediante un ejercicio de co-contracción de cuádriceps e isquiotibiales con y sin electroestimulación.

3.2 Objetivos específicos.

- Valorar si existe variación en los datos de fuerza concéntrica del cuádriceps tras una intervención quirúrgica de ligamento cruzado anterior (LCAE) en futbolistas de alto rendimiento con una edad comprendida entre los 18 y los 40 años mediante un ejercicio de co-contracción de cuádriceps e isquiotibiales con y sin electroestimulación.
- Valorar si existe variación en los datos de fuerza excéntrica de isquiotibiales tras una intervención quirúrgica de ligamento cruzado anterior (LCAE) en futbolistas de alto rendimiento con una edad comprendida entre los 18 y los 40 años mediante un ejercicio de co-contracción de cuádriceps e isquiotibiales con y sin electroestimulación.
- Valorar si existe variación en el coeficiente de activación Q/H tras una intervención quirúrgica de ligamento cruzado anterior (LCAE) en futbolistas de alto rendimiento con una edad comprendida entre los 18 y los 40 años mediante un ejercicio de co-contracción de cuádriceps e isquiotibiales con y sin electroestimulación.
- Valorar si existe variación en la elipse de confianza tras una intervención quirúrgica de ligamento cruzado anterior (LCAE) en futbolistas de alto rendimiento con una edad comprendida entre los 18 y los 40 años mediante un ejercicio de co-contracción de cuádriceps e isquiotibiales con y sin electroestimulación.
- Valorar si existe variación en la estabilidad antero-posterior de la rodilla tras una intervención quirúrgica de ligamento cruzado anterior (LCAE) en futbolistas de alto rendimiento con una edad comprendida entre los 18 y los 40 años mediante un ejercicio de co-contracción de cuádriceps e isquiotibiales con y sin electroestimulación.
- Valorar si existe variación la estabilidad latero-medial de la rodilla tras una intervención quirúrgica de ligamento cruzado anterior (LCAE) en futbolistas de alto rendimiento con una edad comprendida entre los 18 y los 40 años mediante un ejercicio de co-contracción de cuádriceps e isquiotibiales con y sin electroestimulación.

4. HIPÓTESIS

El ejercicio de co-contracción de cuádriceps e isquiotibiales combinado con electroestimulación es más eficaz que el mismo ejercicio realizado de forma alterna en dos fases isométricas en una recuperación de una intervención quirúrgica de ligamento cruzado anterior (LCAE) en futbolistas de alto rendimiento con una edad comprendida entre los 18 y los 40 años en ganancias en fuerza y de estabilidad.

5. METODOLOGÍA

5.1 Diseño.

Se va a diseñar un estudio analítico experimental, con carácter prospectivo y con respecto al enmascaramiento, será una evaluación ciega por terceros.

Este estudio es analítico experimental por el hecho de que se pretende dividir dos grupos de forma aleatoria y evaluar la diferencia de tratamiento del grupo experimental y del grupo control. De manera que el grupo experimental, será el grupo que realice el ejercicio de co-contracción de cuádriceps e isquiotibiales con electroestimulación, y el un grupo control, será el que realice el mismo ejercicio de forma alterna realizando dos fases isométricas.

En el estudio habrá una evaluación ciega por terceros, debido a que no se puede cegar al fisioterapeuta ni a los pacientes. El fisioterapeuta no puede estar cegado porque conoce la electroestimulación y tiene que asegurarse de su correcto funcionamiento, y los pacientes no pueden estar cegados porque cada uno de ellos tiene que ser informado previamente de forma verbal y escrita, mediante un consentimiento informado, de los detalles y los riesgos del estudio.

Se respetarán las recomendaciones éticas como la Declaración de Helsinki aprobada en 1964 por la Asamblea Médica Mundial con el propósito de regular la ética en la investigación clínica, basándose en la integridad moral y las responsabilidades del médico, y la Declaración de Tokio de la OMS (Organización Mundial de la Salud).

También se respetarán las recomendaciones éticas tanto del Comité Ético de la Universidad y del Comité Ético de Investigación Clínica.

Los sujetos que participen en el estudio recibirán una hoja de información paciente y un consentimiento informado. Ellos estarán expuestos los objetivos, los métodos, los beneficios previstos, los peligros potenciales y las molestias que el estudio pueda ocasionar. El paciente es libre de abstenerse de participar en el estudio y de retirar su consentimiento a participar en él en cualquier momento. Se garantiza la anonimización de datos como la protección de estos, según la Ley Orgánica 15/1999 de Protección de Datos de Carácter Personal.

5.2 Sujetos de estudio.

El estudio estará dirigido a futbolistas profesionales de alto rendimiento de la Comunidad de Madrid, intervenidos de LCAE entre los 18 y los 40 años, ya que, de forma general, es el rango de edad de una carrera futbolística.

La muestra del estudio estará formada por personas que cumplan los criterios de inclusión y no tengan ningún criterio de exclusión.

- *Criterios de inclusión:*

- Edad comprendida entre los 18 y los 40 años.
- Jugadores que hayan sido sometidos a una intervención quirúrgica de LCAE.
- Jugadores de fútbol profesional de alto rendimiento.
- Realización de actividad física al menos 5 días por semana.
- Realización de un programa de musculación.

- *Criterios de exclusión:*

- Jugadores que no hayan firmado el consentimiento informado.
- Jugadores que no cumplan los criterios de inclusión.
- Jugadores con alguna lesión muscular en miembros inferiores en el momento del estudio.
- Jugadores con alteración de la sensibilidad.
- Jugadores con quemaduras o heridas en la zona a colocar los electrodos.
- Jugadores con miedo a la corriente eléctrica.

5.3 Cálculo muestral.

Para realizar el cálculo muestral, será necesario emplear la siguiente fórmula.

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

Las variables representadas en la fórmula, tienen el siguiente significado:

- N: hace referencia al número de sujetos de la muestra.
- K: es una constante.

- SD: desviación típica.
- D: es la precisión.

Para obtener datos de la variable **fuerza concéntrica de cuádriceps a 60°**, se ha utilizado el artículo: “Efficacy of two forms of electrical stimulation in increasing quadriceps strength: a randomized controlled trial “.

La desviación típica (SD) es 37,71 y la precisión (d) es 21,2. Aceptando un p-valor de 0,05, la fórmula quedaría así:

$$n = \frac{2 \times 10,5 \times 37,71^2}{21,2^2}$$

De esta forma, obtenemos que el número de sujetos es de 66,4. Esto significa que cada grupo tendría que estar formado por 67 sujetos, en total, 134. A este número de sujetos, hay que añadirle un 10% por si ocurriesen pérdidas de sujetos en el estudio, es decir, un total de 147 sujetos.

Para obtener datos de la variable **fuerza excéntrica de isquiotibiales a 30°**, se ha utilizado el artículo: “Higher hamstring-to-quadriceps isokinetic strength ratio during the first post-operative months in patients with quadriceps tendon compared to hamstring tendon graft following ACL reconstruction”.

La desviación típica (SD) es 28,6 y la precisión (d) es 11,4. Aceptando un p-valor de 0,05, la fórmula quedaría así:

$$n = \frac{2 \times 10,5 \times 28,6^2}{11,4^2}$$

Se obtiene como resultado que el número de sujetos de es 82,83. Esto implica que cada grupo debería estar formado por 83 sujetos, formando un total de 166 sujetos. A este número de sujetos, hay que añadirle un 10% por si ocurriesen pérdidas de sujetos en el estudio, es decir, un total de 182 sujetos.

Para obtener datos de la **elipse de confianza**, se ha utilizado el artículo: “Effect of laser treatment on postural control parameters in patients with chronic nonspecific low back pain: a randomized placebo-controlled trial “.

La desviación típica (SD) es 70,21 y la precisión (d) es 70,30. Aceptando un p-valor de 0,05, la formula quedaría así:

$$n = \frac{2 \times 10,5 \times 70,21^2}{70,30^2}$$

Se obtiene como resultado que el número de sujetos de es 20,94. Esto implica que cada grupo debería estar formado por 21 sujetos, formando un total de 42 sujetos. A este número de sujetos, hay que añadirle un 10% por si ocurriesen pérdidas de sujetos en el estudio, es decir, un total de 46 sujetos.

Para obtener datos del **desplazamiento antero-posterior**, se ha utilizado el artículo: "Effect of laser treatment on postural control parameters in patients with chronic nonspecific low back pain: a randomized placebo-controlled trial ".

La desviación típica (SD) es 27,09 y la precisión (d) es 24. Aceptando un p-valor de 0,05, la formula quedaría así:

$$n = \frac{2 \times 10,5 \times 27,09^2}{24^2}$$

Se obtiene como resultado que el número de sujetos de es 26,76. Esto implica que cada grupo debería estar formado por 27 sujetos, formando un total de 54 sujetos. A este número de sujetos, hay que añadirle un 10% por si ocurriesen pérdidas de sujetos en el estudio, es decir, un total de 59 sujetos.

Para obtener datos del **desplazamiento latero-medial**, se ha utilizado el artículo: "Effect of laser treatment on postural control parameters in patients with chronic nonspecific low back pain: a randomized placebo-controlled trial ".

La desviación típica (SD) es 23,33 y la precisión (d) es 20,94. Aceptando un p-valor de 0,05, la formula quedaría así:

$$n = \frac{2 \times 10,5 \times 23,33^2}{20,94^2}$$

Se obtiene como resultado que el número de sujetos de es 26,06. Esto implica que cada grupo debería estar formado por 26 sujetos, formando un total de 52 sujetos. A este número de

sujetos, hay que añadirle un 10% por si ocurriesen pérdidas de sujetos en el estudio, es decir, un total de 57 sujetos.

Tras realizar el cálculo muestral de todas las variables, se escoge una cantidad de **182 sujetos** obtenidos de la variable fuerza excéntrica de isquiotibiales. Esto se debe a que es la variable que precisa de un mayor número de sujetos.

5.4 Lista de variables.

VARIABLE	TIPO	UNIDAD DE MEDIDA	FORMA DE MEDIDA
FUERZA CUÁDRICEPS EN CONCÉNTRICO A 60°	Dependiente, cuantitativa, continua.	Newton/metro (N/m)	Dinamómetro isocinético.
FUERZA ISQUIOTIBIALES EN EXCÉNTRICO A 30°	Dependiente, cuantitativa, continua.	Newton/metro (N/m)	Dinamómetro isocinético.
ELIPSE DE CONFIANZA.	Dependiente, cuantitativa, continua.	Milímetros al cuadrado (mm ²)	Plataforma estabilométrica.
DESPLAZAMIENTO ANTERO-POSTERIOR.	Dependiente, cuantitativa, continua.	Milímetros (mm)	Plataforma estabilométrica.
DESPLAZAMIENTO LATERO-MEDIAL.	Dependiente, cuantitativa, continua.	Milímetros (mm)	Plataforma estabilométrica.
TIPO DE TRATAMIENTO	Independiente, cualitativa nominal dicotómica.		0=Grupo control. 1=Grupo experimental.

Tabla 4. Variables. Elaboración propia.

La **fuerza del cuádriceps en concéntrico a 60°** es una variable dependiente cualitativa continua que será medida con el dinamómetro isocinético. Se realizará esta medición a todos los sujetos del estudio, independientemente del grupo al que pertenezcan. La primera medición se hará antes de comenzar el plan de trabajo y se hará otra al finalizar éste, para observar si hay diferencias significativas.

La **fuerza de los isquiotibiales en excéntrico a 30°** es una variable dependiente cualitativa continua que será medida con el dinamómetro isocinético. Se realizará esta medición a todos los sujetos del estudio, independientemente del grupo al que pertenezcan. La primera medición se hará antes de comenzar el plan de trabajo y se hará otra al finalizar éste, para observar si hay diferencias significativas.

La **elipse de confianza** es una variable dependiente cuantitativa continua que será medida con la plataforma estabilométrica. Se realizará esta medición a todos los sujetos del estudio, independientemente del grupo al que pertenezcan. La primera medición se hará antes de comenzar el plan de trabajo y se hará otra al finalizar éste, para observar si hay diferencias significativas.

El desplazamiento **antero-posterior** es una variable dependiente cuantitativa continua que será medida con la plataforma estabilométrica. Se realizará esta medición a todos los sujetos del estudio, independientemente del grupo al que pertenezcan. La primera medición se hará antes de comenzar el plan de trabajo y se hará otra al finalizar éste, para observar si hay diferencias significativas.

El **desplazamiento latero-medial** es una variable dependiente cuantitativa continua que será medida con la plataforma estabilométrica. Se realizará esta medición a todos los sujetos del estudio, independientemente del grupo al que pertenezcan. La primera medición se hará antes de comenzar el plan de trabajo y se hará otra al finalizar éste, para observar si hay diferencias significativas.

El **tipo de tratamiento** es una variable independiente cualitativa dicotómica nominal que hace referencia a los dos grupos que hay en el estudio. Uno de ellos se someterá a un tratamiento estándar junto con un ejercicio de co-contracción de cuádriceps e isquiotibiales con electroestimulación y el grupo control, realizará un tratamiento estándar junto al mismo ejercicio realizado de forma alterna con dos fases isométricas de cuádriceps e isquiotibiales.

5.5 Hipótesis operativas

Fuerza concéntrica en cuádriceps:

- Hipótesis nula (H₀): No hay diferencias significativas entre la realización de un ejercicio de co-contracción de cuádriceps e isquiotibiales combinado con electroestimulación y el ejercicio voluntario de forma alterna de cuádriceps e isquiotibiales con respecto a la fuerza concéntrica del cuádriceps en futbolistas de alto rendimiento operados de LCAE con una edad comprendida entre los 18 y los 40 años.
- Hipótesis alternativa (H₁): Existen diferencias significativas entre la realización de un ejercicio de co-contracción de cuádriceps e isquiotibiales combinado con

electroestimulación y el ejercicio voluntario de forma alterna de cuádriceps e isquiotibiales con respecto a la fuerza concéntrica del cuádriceps en futbolistas de alto rendimiento operados de LCAE con una edad comprendida entre los 18 y los 40 años.

Fuerza excéntrica en isquiotibiales:

- Hipótesis nula (Ho): No hay diferencias significativas entre la realización de un ejercicio de co-contracción de cuádriceps e isquiotibiales combinado con electroestimulación y el ejercicio voluntario de forma alterna de cuádriceps e isquiotibiales con respecto a la fuerza excéntrica de los isquiotibiales en futbolistas de alto rendimiento operados de LCAE con una edad comprendida entre los 18 y los 40 años.
- Hipótesis alternativa (H1): Existen diferencias significativas entre la realización de un ejercicio de co-contracción de cuádriceps e isquiotibiales combinado con electroestimulación y el ejercicio voluntario de forma alterna de cuádriceps e isquiotibiales con respecto a la fuerza excéntrica de los isquiotibiales en futbolistas de alto rendimiento operados de LCAE con una edad comprendida entre los 18 y los 40 años.

Elipse de confianza:

- Hipótesis nula (Ho): No hay diferencias significativas entre la realización de un ejercicio de co-contracción de cuádriceps e isquiotibiales combinado con electroestimulación y el ejercicio voluntario de forma alterna de cuádriceps e isquiotibiales con respecto a la elipse de confianza en futbolistas de alto rendimiento operados de LCAE con una edad comprendida entre los 18 y los 40 años.
- Hipótesis alternativa (H1): Existen diferencias significativas entre la realización de un ejercicio de co-contracción de cuádriceps e isquiotibiales combinado con electroestimulación y el ejercicio voluntario de forma alterna de cuádriceps e isquiotibiales con respecto a la elipse de confianza en futbolistas de alto rendimiento operados de LCAE con una edad comprendida entre los 18 y los 40 años.

Desplazamiento antero-posterior:

- Hipótesis nula (Ho): No hay diferencias significativas entre la realización de un ejercicio de co-contracción de cuádriceps e isquiotibiales combinado con electroestimulación y el ejercicio voluntario de forma alterna de cuádriceps e isquiotibiales con respecto al

desplazamiento antero-posterior en futbolistas de alto rendimiento operados de LCAE con una edad comprendida entre los 18 y los 40 años.

- Hipótesis alternativa (H1): Existen diferencias significativas entre la realización de un ejercicio de co-contracción de cuádriceps e isquiotibiales combinado con electroestimulación y el ejercicio voluntario de forma alterna de cuádriceps e isquiotibiales con respecto al desplazamiento antero-posterior en futbolistas de alto rendimiento operados de LCAE con una edad comprendida entre los 18 y los 40 años.

Desplazamiento latero-medial:

- Hipótesis nula (H₀): No hay diferencias significativas entre la realización de un ejercicio de co-contracción de cuádriceps e isquiotibiales combinado con electroestimulación y el ejercicio voluntario de forma alterna de cuádriceps e isquiotibiales con respecto al desplazamiento latero-medial en futbolistas de alto rendimiento operados de LCAE con una edad comprendida entre los 18 y los 40 años.
- Hipótesis alternativa (H1): Existen diferencias significativas entre la realización de un ejercicio de co-contracción de cuádriceps e isquiotibiales combinado con electroestimulación y el ejercicio voluntario de forma alterna de cuádriceps e isquiotibiales con respecto al desplazamiento latero-medial en futbolistas de alto rendimiento operados de LCAE con una edad comprendida entre los 18 y los 40 años.

5.6 Recogida y análisis de datos.

Todos los sujetos serán informados sobre los beneficios y en qué consiste el proyecto mediante la hoja de información al paciente (ANEXO I). Una vez recibida esa hoja, los sujetos tienen que firmar el consentimiento informado (ANEXO III) y otra hoja donde se recojan los datos personales del paciente (ANEXO II).

El estudio garantiza la anonimización de datos como la protección de estos, según la Ley Orgánica 15/1999 de Protección de Datos de Carácter Personal.

Para el análisis de los datos, se han de realizar dos estudios, un análisis descriptivo y un análisis interferencial. Estos estudios se realizarán mediante el programa estadístico *IBM SPSS Statistics Desktop 22.0*.

El **análisis descriptivo** trata de resumir y organizar datos, en la cual se analizará la media, la

mediana y la moda (medidas de tendencia central), y el coeficiente de variación y la desviación típica (medidas de dispersión).

- *Media*: se define como la suma de todas sus puntuaciones dividida por el número de puntuaciones. La media identifica al valor de distribución en torno al cual se espera encontrar más valores.
- *Mediana*: es el valor de la variable que deja por debajo al 50% de los casos.
- *Moda*: es el valor que más se repite.
- *Coefficiente de variación*: es una medida de dispersión que relaciona la desviación típica y la media.
- *Desviación típica*: es la dispersión de los datos con respecto a la media.

Al ser variables cuantitativas continuas, su representación gráfica a través del programa estadístico citado anteriormente tiene que ser un diagrama de cajas.

En el **análisis interferencial** se va a analizar las cinco variables cuantitativas continuas.

Para ello, se va a realizar una medición previa al tratamiento de todas las variables y otra medición al finalizar el tratamiento, tanto en el grupo control como en el grupo experimental.

Se evaluarán la diferencia de las medias pre-intervención y post-intervención de cada grupo y de cada variable.

Para ello, es necesario saber si la muestra se distribuye de forma normal y si es homogénea, con el fin de utilizar pruebas paramétricas o pruebas no paramétricas.

Se utiliza la prueba de *Kolmogorov-Smirnov* con el fin de comprobar la normalidad entre variables. Si el resultado es $p > 0,05$, se puede decir que se está cumpliendo el principio de normalidad, y si $p < 0,05$, se puede decir que no se estará cumpliendo el principio de normalidad.

Una vez comprobada la normalidad, se utiliza el *test de Lèvene* para comprobar la homogeneidad de varianzas. Si el resultado es $p > 0,05$, se puede decir que es una muestra homogénea por lo que se aplicarían pruebas paramétricas para muestras independientes, T-Student. Si el valor de $p < 0,05$, la muestra no sería homogénea, lo que implica que se aplicarían pruebas no paramétricas para muestras independientes, U de Mann-Whitney.

Una vez decidido el tipo de prueba a realizar, si obtenemos un valor de $p < 0,05$ se puede decir que hay diferencias significativas entre ambos grupos y que se aprueba la hipótesis alternativa en cuando a los resultados del estudio. En cambio, si el valor de $p > 0,05$, no habrá diferencias significativas entre ambos grupos y por lo que se rechazaría la hipótesis alternativa, y se aceptaría la hipótesis nula.

5.7 Limitaciones del estudio.

Una de las limitaciones del estudio es que únicamente podemos usar el dinamómetro que se encuentra en la Escuela de Enfermería y Fisioterapia de la Universidad Pontificia de Comillas, puesto que, al ser una aparatología de coste elevado, no está disponible en otros centros a los que tengamos acceso en Madrid.

Otra de las limitaciones del estudio es que el sujeto no está cegado, es decir, el paciente es consciente de que se le está aplicando la electroestimulación.

No se tiene en cuenta la posición del campo que ocupa el sujeto ni la pierna dominante.

Debido al rango de edad establecido, los resultados del estudio solo son aplicables a futbolistas que se encuentren en dicho rango.

5.8 Equipo investigador.

Para llevar a cabo este proyecto de investigación, será necesario la presencia de trabajadores cualificados especializados en el ámbito deportivo y en el ámbito estadístico. El equipo investigador estará formado por:

- Cuatro fisioterapeutas especializados en la fisioterapia deportiva que controlen la buena realización de los ejercicios y los parámetros de la electroestimulación.
- Un fisioterapeuta formado en investigación.
- Un estadístico que se encargue tanto del proceso de aleatorización como de la recogida y del análisis de datos.

6. PLAN DE TRABAJO.

6.1 Diseño de intervención.

En primer lugar, se solicitará la aprobación del Comité Ético de Investigación Clínica (CEIC) y del Comité Ético de la Universidad. El proyecto debe respetar la Declaración de Helsinki que tiene el propósito de regular la ética en la investigación clínica, basándose en la integridad moral y las responsabilidades del médico.

También se realizará un comunicado a los servicios médicos de los distintos equipos de fútbol profesionales, en el que se explicará la propuesta del proyecto de investigación.

Una vez aprobada la solicitud, se comenzará a seleccionar los sujetos que van a participar en el estudio. Para la selección de sujetos, es imprescindible que todos ellos hayan sufrido una lesión de LCAE, además de cumplir los criterios de inclusión y los criterios de exclusión.

Los sujetos seleccionados deben recibir una hoja de información al paciente, donde se les informe de los beneficios, los efectos secundarios, el tipo de tratamiento, los objetivos y la metodología que se va a llevar a cabo en el proyecto (ANEXO I). Además de esta hoja, los pacientes deben firmar un consentimiento informado (ANEXO III) y rellenar una hoja de documentos personales para que se pueda llevar a cabo la realización del proyecto.

Tras haber recibido la información pertinente, se procede a organizar las fechas en las que se van a realizar las mediciones, la duración de la intervención del programa de fisioterapia y a citar a los pacientes al laboratorio de biomecánica de la Escuela de Enfermería y Fisioterapia de la Universidad Pontificia de Comillas.

Una vez que se haya realizado lo citado anteriormente, se procede a realizar la medición pre-intervención de todas las variables. Se aproxima que el tiempo ocupado para la medición de un sujeto, será aproximadamente 20 minutos.

Las variables de fuerza concéntrica de cuádriceps a 60° y la fuerza excéntrica de isquiotibiales a 30° serán medidas con el dinamómetro isocinético (PRIMUS RS).



Figura 8 (37) Dinamómetro isocinético Primus.

Mientras tanto, las variables de la elipse de confianza, el desplazamiento antero-posterior y el desplazamiento latero-medial serán medidas con la plataforma estabilométrica (Zebris medical GmbH+).



Figura 9. Plataforma estabilométrica Zebris medical GmbH+.

Elaboración propia

Antes de comenzar a realizar la prueba, se permitirá a los pacientes que se familiaricen con los dispositivos de medida para que eviten un mayor sesgo en las mediciones. Por lo tanto, los sujetos realizarán una práctica previa a la medición.

Para mediar las variables de la fuerza, tanto para el cuádriceps como para los isquiotibiales, se realizarán 3 series de 8 repeticiones con 1 minuto de descanso entre cada serie. Despreciando, las 2 primeras repeticiones y la última repetición por el posible sesgo que pueda haber, nos quedaremos con el valor de la media de las otras 5 repeticiones. Se utilizará la herramienta 701 junto con la sujeción de tobillo.

Para la realización del test para obtener la fuerza del cuádriceps, el sujeto debe estar sentado en la camilla, esta se ajustará, y también la altura del cabezal para que el eje del dinamómetro coincida con el cóndilo femoral lateral.

Para la realización del test para obtener la fuerza de los isquiotibiales, el sujeto debe colocarse en decúbito prono sobre la camilla, y al igual que para la medición de la variable del cuádriceps, se ajustará la camilla y la altura del cabezal para que el eje del dinamómetro coincida con el cóndilo femoral.

Antes de realizar la prueba de dinamometría, se debe calibrar la máquina, se debe comprobar que la camilla está fijada y ajustada, y que la colocación del paciente y del eje del dinamómetro deben ser las adecuadas para así evitar compensaciones.

Mientras se realiza la prueba se deben tener ciertas precauciones, el test debe realizarse en un rango de movimiento no doloroso, y si mientras se está realizando la prueba, el paciente presenta algún tipo de dolor, se debe parar el dinamómetro.

Algunas de las ventajas del dinamómetro isocinético es el aporte de datos como la fuerza máxima, el trabajo máximo, la potencia del grupo muscular que se está evaluando, y el ROM que tiene en el movimiento que se está realizando. (38)

Para mediar las variables relacionadas con la estabilidad, el test consistirá en colocarse sobre la plataforma estabilométrica en apoyo monopodal sobre el miembro inferior afectado. Una vez colocado, deberá cerrar los ojos y permanecer lo más estable posible durante 30 segundos. Mediante este test, sacaremos el valor de las variables elipse de confianza, desplazamiento antero-posterior, y el desplazamiento latero-medial.

Una vez realizada la medición pre-intervención, el estadístico será el encargado de recoger todos los resultados y analizarlos mediante el programa estadístico *IBM SPSS Statistics Desktop 22.0*.

Tras la primera medición, se llevará a cabo el proceso de intervención. A la vez que se realiza este proceso, los pacientes seguirán recibiendo el tratamiento convencional para la recuperación de LCAE.

El proceso de intervención tendrá una duración de 6 semanas, con 3 sesiones por semana, en días alternos, es decir, dejando 48 horas entre cada sesión. El tiempo de duración de la intervención estará alrededor de los 20 minutos.

La muestra se dividirá en dos grupos de forma aleatoria formando así un grupo control y un grupo experimental.

Grupo control: *tratamiento convencional y ejercicio terapéutico de contracción de cuádriceps y contracción de isquiotibiales.*

El ejercicio terapéutico que debe realizar el paciente del grupo control se divide en dos:

- Una contracción isométrica de isquiotibiales.
- Una contracción isométrica de cuádriceps.

Para realizar la contracción isométrica de isquiotibiales, el paciente debe encontrarse sentado sobre la camilla, sin agarrarse a esta para evitar compensaciones y con un fitball entre sus piernas y la camilla. El ejercicio consiste en realizar con una flexión de rodilla apretando así el fitball contra la camilla. El ejercicio constará de 3 series de 5 repeticiones de 6 segundos de contracción con 12 segundos de descanso entre cada contracción.

Mientras tanto, para la contracción isométrica de cuádriceps, el paciente se encontrará sentado en una silla, enfrente a una camilla y con un fitball entre él y la camilla. El ejercicio consiste en realizar una extensión de rodilla apretando así el fitball contra la camilla. Al igual que en la contracción de los isquiotibiales, el ejercicio constará de 3 series de 5 repeticiones de 6 segundos de contracción con 12 segundos de descanso entre cada contracción.

Grupo experimental: *tratamiento convencional y ejercicio de co-contracción de cuádriceps e isquiotibiales con electroestimulación.*

Se le realizará el tratamiento común a toda persona que participe, como en el grupo control. Pero la diferencia con este será que el grupo experimental realizará una co-contracción de cuádriceps e isquiotibiales con electroestimulación.

En este grupo es esencial la programación de la electroestimulación sea la adecuada por parte de los dos fisioterapeutas que estarán con los pacientes en el momento de la intervención.

El tipo corriente que se les aplicará es una corriente bifásica simétrica cuadrada. Las características de esta serán:

- El ancho de impulso será de *400 mseg.*
- La frecuencia utilizada será de *90 Hz.*
- El tiempo de contracción será de *3 segundos*, mientras que el tiempo de reposo será de *12 segundos.*
- El tiempo de duración del ejercicio será de *12 minutos.*
- Se utilizarán electrodos adhesivos, cuya colocación será un canal para el vasto externo del cuádriceps, y otro canal para el recto anterior y el vasto interno del cuádriceps.



Figura 10. (36) Benito Martínez, E. Electroestimulación Neuromuscular en el Deporte.

Una vez colocada la electroestimulación y comprobado que los parámetros son correctos para

todos los pacientes, los fisioterapeutas procederán a explicar el ejercicio a realizar. Este consiste en:

- Realizar una contracción voluntaria de la musculatura isquiotibial, mientras que, por la electroestimulación, se produce una contracción involuntaria de la musculatura del cuádriceps.

Para realizarlo, el paciente se colocará sentado sobre una camilla dejando caer las piernas por fuera de esta. Es imprescindible que tenga el tronco vertical, que se encuentre estabilizado y que no realice ninguna compensación con su cuerpo.

Entre la camilla y las piernas del paciente se colocará un fitball, de tal manera que en el momento en el que el paciente sienta la corriente, deberá realizar una contracción voluntaria de 3 segundos de la musculatura flexora de la rodilla apretando el fitball contra la camilla.

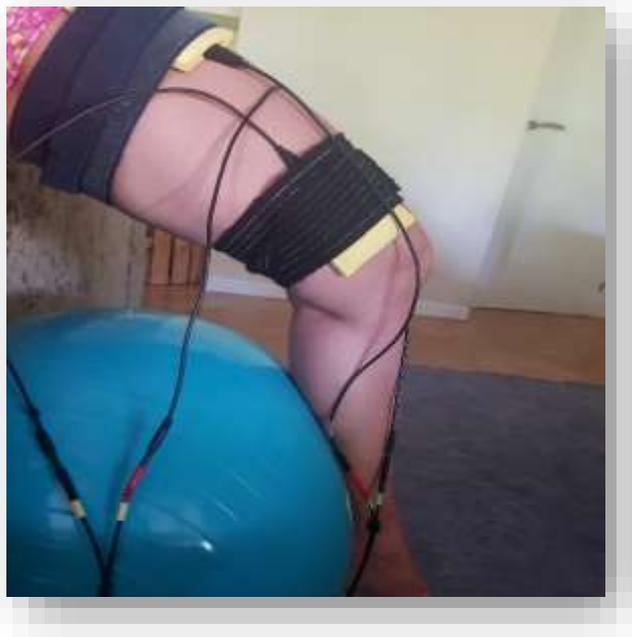


Figura 11 Ejercicio co-contracción con electroestimulación. Elaboración propia

Una vez terminado el proceso de intervención, se procederá a realizar la segunda medición en el laboratorio de biomecánica de la Escuela de Enfermería y Fisioterapia de la Universidad Pontificia de Comillas.

Tras finalizar la segunda medición, el estadístico del proyecto será el encargado de recoger los datos y analizarlos con respecto a los datos obtenidos en la primera medición, con el fin de comprobar si hay diferencias significativas o no.

Al igual que en la primera medición, el estadístico utilizará el programa estadístico *IBM SPSS Statistics Desktop 22.0*.

Finalmente, el fisioterapeuta especializado en investigación será el encargado de obtener las conclusiones del estudio con los datos proporcionados por el estadístico.

6.2 Etapas de desarrollo.

TAREAS	DURACIÓN Y FECHA DE REALIZACIÓN
APROBACIÓN POR PARTE DEL COMITÉ ÉTICO DE INVESTIGACIÓN CLÍNICA Y DEL COMITÉ ÉTICO DE LA UNIVERSIDAD.	1 mes. Septiembre de 2019.
REDACCIÓN DE ANTECEDENTES.	3 meses. De Septiembre a Diciembre de 2019.
REDACCIÓN PROYECTO DE INVESTIGACIÓN.	9 meses. De Septiembre de 2019 a Mayo de 2020.
COMUNICADO A LOS SERVICIOS MÉDICOS DE LOS EQUIPOS DE FÚTBOL PROFESIONALES CON LA PROPUESTA DEL PROYECTO DE INVESTIGACIÓN.	1 mes. Noviembre de 2019.
SELECCIÓN DE LA MUESTRA.	1 mes. Enero de 2020.
1º MEDICIÓN: PRE-INTERVENCIÓN.	1 semana. Primera de Marzo de 2020
INTERVENCIÓN	6 semanas. Desde la segunda semana de Marzo hasta la tercera semana de Abril de 2020.
2º MEDICIÓN: POST-INTERVENCIÓN.	1 semana. Última de Abril de 2020.
ANÁLISIS DE DATOS.	1 mes. Mayo de 2020.
REDACCIÓN DE CONCLUSIONES.	1 mes. Junio de 2020.

Tabla 5. Etapas del desarrollo. Elaboración propia.

6.3 Distribución de tareas del equipo investigador.

En primer lugar, el fisioterapeuta especializado de la investigación será el encargado de redactar el proyecto, los criterios de inclusión y de exclusión, el consentimiento informado y la hoja de información al paciente.

Los cuatro fisioterapeutas especializados en fisioterapia deportiva y en electroestimulación, se repartirán entre los dos grupos. Ellos serán los encargados de comprobar que el ejercicio se realiza de la forma correcta y que los parámetros de electroestimulación están siendo aplicados correctamente.

Estos serán los encargados de realizar la medición pre-intervención y la medición post-intervención junto con el fisioterapeuta formado en investigación.

Por último, el estadístico será el encargado de la aleatorización de los sujetos y finalmente, se encargará de recoger todos los datos obtenidos de las distintas mediciones y analizarlos.

Con toda la información obtenida, el fisioterapeuta formado en investigación será el encargado de obtener las conclusiones del estudio.

6.4 Lugar de realización del proyecto.

El estudio se realizará en el laboratorio de biomecánica de la Escuela de Enfermería y Fisioterapia de la Universidad Pontificia de Comillas. Se encuentra en la avenida San Juan de Dios, número 1, 28350, Ciempozuelos, Madrid.

7. LISTADO DE REFERENCIAS.

- (1) Van Eck CF, Widhalm H, Murawski C, Fu FH. Individualized anatomic anterior cruciate ligament reconstruction. *Phys Sportsmed* 2015 Feb;43(1):87-92.
- (2) Baroni BM, Ruas CV, Ribeiro-Alvares JB, Pinto RS. Hamstring-to-Quadriceps Torque Ratios of Professional Male Soccer Players: A Systematic Review. *J Strength Cond Res* 2020 Jan;34(1):281-293.
- (3) Zebis MK, Andersen LL, Brandt M, Myklebust G, Bencke J, Lauridsen HB, et al. Effects of evidence-based prevention training on neuromuscular and biomechanical risk factors for ACL injury in adolescent female athletes: a randomised controlled trial. *Br J Sports Med* 2016 May;50(9):552-557.
- (4) D'Elia MC. Prevalencia de Lesiones Asociadas a Rotura Aguda de Ligamento Cruzado Anterior (LCA) - Asociación Argentina de Traumatología del Deporte. 2015; Available at: <https://q-se.com/prevalencia-de-lesiones-asociadas-a-rotura-aguda-de-ligamento-cruzado-anterior-lca-1899-sa-z57cfb27260018>. Accessed Mar 18, 2020.
- (5) Vojnosanit Pregl. Isokinetic profile of subjects with the ruptured anterior cruciated ligament. 2016 Jul;73(7):631-635.
- (6) Coffey R, Bordoni B. Lachman Test. StatPearls Treasure Island (FL): StatPearls Publishing; 2020.
- (7) Chong AC, Whitetree C, Priddy MC, Zimmerman PR, Haeder PR, Prohaska DJ. Evaluating Different Clinical Diagnosis of Anterior Cruciate Ligament Ruptures In Providers with Different Training Backgrounds. *Iowa Orthop J* 2017;37:71-79.
- (8) 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* 2019 Dec 04.;:1941738119885642.
- (9) DuPrey KM, Liu K, Cronholm PF, Reisman AS, Collina SJ, Webner D, et al. Baseline Time to Stabilization Identifies Anterior Cruciate Ligament Rupture Risk in Collegiate Athletes. *Am J Sports Med* 2016 Jun;44(6):1487-1491.
- (10) Liebert R. Establishment and Evaluation of an Anterior Cruciate Ligament Injury Prevention Program. *Orthop Nurs* 2016 May-Jun;35(3):161-171.
- (11) Quijada García S. REVISIÓN BIBLIOGRÁFICA SOBRE LAS LESIONES DE LIGAMENTO CRUZADO ANTERIOR (LCA) EN LOS DISTINTOS DEPORTES. 2017.
- (12) Gokeler A, Welling W, Zaffagnini S, Seil R, Padua D. Development of a test battery to enhance safe return to sports after anterior cruciate ligament reconstruction. *Knee Surg Sports Traumatol Arthrosc* 2017 Jan;25(1):192-199.
- (13) Herrington L, Ghulam H, Comfort P. Quadriceps Strength and Functional Performance After Anterior Cruciate Ligament Reconstruction in Professional Soccer players at Time of Return to Sport. *J Strength Cond Res* 2018 Aug 17,.

- (14) Lee M, Sung DJ, Lee J, Oh I, Kim S, Kim S, et al. Enhanced knee joint function due to accelerated rehabilitation exercise after anterior cruciate ligament reconstruction surgery in Korean male high school soccer players. *J Exerc Rehabil* 2016 Feb;12(1):29-36.
- (15) Welling W, Benjaminse A, Lemmink K, Dingenen B, Gokeler A. Progressive strength training restores quadriceps and hamstring muscle strength within 7 months after ACL reconstruction in amateur male soccer players. *Phys Ther Sport* 2019 Nov;40:10-18.
- (16) Greig M. Concurrent changes in eccentric hamstring strength and knee joint kinematics induced by soccer-specific fatigue. *Phys Ther Sport* 2019 May;37:21-26.
- (17) Camilo José Chiquito Freile. Valores de referencia de fuerza isocinética a 60°/segundo de extensores y flexores de rodilla en deportistas de selecciones Colombia. Facultad de Medicina; 2018.
- (18) Aagaard P, Simonsen EB, Magnusson SP, Larsson B, Dyhre-Poulsen P. A new concept for isokinetic hamstring: quadriceps muscle strength ratio. *Am J Sports Med* 1998 Mar-Apr;26(2):231-237.
- (19) Heiser TM, Weber J, Sullivan G, Clare P, Jacobs RR. Prophylaxis and management of hamstring muscle injuries in intercollegiate football players. *Am J Sports Med* 1984 Sep-Oct;12(5):368-370.
- (20) Luedke LE, Geisthardt TW, Rauh MJ. Y-Balance Test Performance Does Not Determine Non-Contact Lower Quadrant Injury in Collegiate American Football Players. *Sports (Basel)* 2020 Feb 27;8(3).
- (21) Myer GD, Ford KR, McLean SG, Hewett TE. The effects of plyometric versus dynamic stabilization and balance training on lower extremity biomechanics. *Am J Sports Med* 2006 Mar;34(3):445-455.
- (22) Petrocci KE. La medición del control postural con estabilometría-una revisión documental. 2011.
- (23) Machado F, Debieux P, Kaleka CC, Astur D, Peccin MS, Cohen M. Knee isokinetic performance following anterior cruciate ligament reconstruction: patellar tendon versus hamstrings graft. *Phys Sportsmed* 2018 02;46(1):30-35.
- (24) Yamanashi Y, Mutsuzaki H, Iwai K, Ikeda K, Kinugasa T. Failure risks in anatomic single-bundle anterior cruciate ligament reconstruction via the outside-in tunnel technique using a hamstring autograft. *J Orthop* 2019 Nov-Dec;16(6):504-507.
- (25) Domnick C, Raschke MJ, Herbort M. Biomechanics of the anterior cruciate ligament: Physiology, rupture and reconstruction techniques. *World J Orthop* 2016 -2-18;7(2):82-93.
- (26) Barassi G, Bellomo RG, Porreca A, Giannuzzo G, Giannandrea N, Pezzi L, et al. The use of adaptive neuro-stimulation for rebalancing posture and muscular tone in a soccer team. *J Sports Med Phys Fitness* 2019 Oct;59(10):1676-1683.
- (27) Taradaj J, Halski T, Kucharzewski M, Walewicz K, Smykla A, Ozon M, et al. The effect of neuromuscular electrical stimulation on quadriceps strength and knee function in professional soccer players: return to sport after ACL reconstruction. *Biomed Res Int* 2013;2013:802534.

- (28) Bosco C. Consideraciones fisiológicas sobre los ejercicios de saltos verticales después de realizar caídas desde diferentes alturas. *Volleybal Technical Journal* 1982;6:53-58.
- (29) Herrero JA, Izquierdo M, Maffiuletti NA, García-López J. Electromyostimulation and plyometric training effects on jumping and sprint time. *Int J Sports Med* 2006 Jul;27(7):533-539.
- (30) Maffiuletti NA, Zory R, Miotti D, Pellegrino MA, Jubeau M, Bottinelli R. Neuromuscular adaptations to electrostimulation resistance training. *Am J Phys Med Rehabil* 2006 Feb;85(2):167-175.
- (31) Toca-Herrera JL, Gallach JE, Gómis M, González LM. Cross-education after one session of unilateral surface electrical stimulation of the rectus femoris. *The Journal of Strength & Conditioning Research* 2008;22(2):614-618.
- (32) Brocherie F, Babault N, Cometti G, Maffiuletti N, Chatard J. Electrostimulation training effects on the physical performance of ice hockey players. *Med Sci Sports Exerc* 2005 Mar;37(3):455-460.
- (33) Maffiuletti NA, Cometti G, Amiridis IG, Martin A, Pousson M, Chatard JC. The effects of electromyostimulation training and basketball practice on muscle strength and jumping ability. *Int J Sports Med* 2000 Aug;21(6):437-443.
- (34) Meañes E, Alonso P, Sánchez J, Téllez G. *Electroestimulación aplicada*. 2002.
- (35) Basas A. *Técnicas fisioterápicas aplicadas en el tratamiento de la patología de la rodilla: Electroestimulación neuromuscular. Tratamiento fisioterápico de la rodilla*. Madrid: McGraw-Hill/Interamericana 2003:64-65.
- (36) Benito Martínez EM, Martínez López EJ. *Electroestimulación neuromuscular en el deporte*. Sevilla: Wanceulen Editorial; 2013.
- (37) Primus RS. Available at: <https://interferenciales.com.mx/products/primus-rs>. Accessed Apr 26, 2020.
- (38) Huesa Jiménez F, García Díaz J, Montes JV. Dinamometría isocinética. *Rehabilitación (Madr)* 2005 /11/01;39(6):288-296.

ANEXOS.

Anexo I.

Hoja de información al paciente

Usted tiene derecho a conocer el procedimiento al que va a ser sometido como participante en este estudio y las complicaciones más frecuentes que puedan ocurrir. En caso de duda, deberá consultar las mismas en este documento.

Le recordamos que, por imperativo legal, tendrá que firmar usted o su representante legal, el consentimiento informado para que podamos realizar dicho procedimiento.

Datos del investigador:

- Nombre: Martín Pérez Saz.
- Centro: Escuela de Enfermería y Fisioterapia de “San Juan de Dios”, Universidad pontificia de Comillas.
- Localización: Avenida San Juan de Dios, número 1, 28350, Ciempozuelos, Madrid.

Datos de la investigación:

El estudio consiste en valorar si existen diferencias de fuerza y estabilidad tras un ejercicio co-contracción de cuádriceps e isquiotibiales con electroestimulación en futbolistas operados de ligamento cruzado anterior, frente a una fase de contracción isométrica de cuádriceps y a una fase de contracción isométrica de isquiotibiales.

Este proyecto ha sido aprobado por el Comité Ético de Investigación Clínica y del Comité Ético de la Universidad.

Los criterios de inclusión y los criterios de exclusión establecidos son:

- *Criterios de inclusión:*
 - Edad comprendida entre los 18 y los 40 años.
 - Jugadores que hayan sido sometidos a una intervención quirúrgica de LCAE.
 - Jugadores de fútbol profesional de alto rendimiento.

- Realización de actividad física al menos 5 días por semana.
- Realización de un programa de musculación.

- *Criterios de exclusión:*
 - Jugadores que no hayan firmado el consentimiento informado.
 - Jugadores que no cumplan los criterios de inclusión.
 - Jugadores con alguna lesión muscular en miembros inferiores en el momento del estudio.
 - Jugadores con alteración de la sensibilidad.
 - Jugadores con quemaduras o heridas en la zona a colocar los electrodos.
 - Jugadores con miedo a la corriente eléctrica.

Procedimiento del estudio:

Se citará a los participantes del proyecto para realizar la primera medición de las variables fuerza concéntrica del cuádriceps a 60°, fuerza excéntrica de los isquiotibiales a 30°, desplazamiento antero-posterior, desplazamiento latero-medial y la elipse de confianza.

Una vez realizada la primera medición, los sujetos se dividirán en dos grupos de manera aleatoria. En el grupo experimental se realizará un ejercicio de co-contracción de cuádriceps e isquiotibiales con electroestimulación. Mientras que en el grupo control, el ejercicio constará de dos fases isométricas, una del cuádriceps y otra de los isquiotibiales. Todos los participantes del proyecto seguirán el mismo tratamiento convencional para la recuperación de ligamento cruzado anterior.

El proceso de intervención tendrá una duración de 6 semanas, con 3 sesiones por semana, en días alternos, es decir, dejando 48 horas entre cada sesión. El tiempo de duración de la intervención estará alrededor de los 20 minutos.

Al terminar la intervención se realizará una segunda medición para comprobar los cambios en las variables de medición mencionadas anteriormente.

Usted tiene derecho a abandonar en cualquier momento el estudio sin necesidad de justificación y decidir qué hacer con los datos personales que hemos obtenido anteriormente. Además, tiene la posibilidad de contactar con el investigador en el momento que desee.

Se adjunta el diseño de intervención completo del estudio:

En primer lugar, se solicitará la aprobación del Comité Ético de Investigación Clínica (CEIC) y del Comité Ético de la Universidad. El proyecto debe respetar la Declaración de Helsinki que tiene el propósito de regular la ética en la investigación clínica, basándose en la integridad moral y las responsabilidades del médico.

También se realizará un comunicado a los servicios médicos de los distintos equipos de fútbol profesionales, en el que se explicará la propuesta del proyecto de investigación.

Una vez aprobada la solicitud, se comenzará a seleccionar los sujetos que van a participar en el estudio. Para la selección de sujetos, es imprescindible que todos ellos hayan sufrido una lesión de LCAE, además de cumplir los criterios de inclusión y los criterios de exclusión.

Los sujetos seleccionados deben recibir una hoja de información al paciente, donde se les informe de los beneficios, los efectos secundarios, el tipo de tratamiento, los objetivos y la metodología que se va a llevar a cabo en el proyecto (ANEXO I). Además de esta hoja, los pacientes deben firmar un consentimiento informado (ANEXO III) y rellenar una hoja de documentos personales para que se pueda llevar a cabo la realización del proyecto.

Tras haber recibido la información pertinente, se procede a organizar las fechas en las que se van a realizar las mediciones, la duración de la intervención del programa de fisioterapia y a citar a los pacientes al laboratorio de biomecánica de la Escuela de Enfermería y Fisioterapia de la Universidad Pontificia de Comillas.

Una vez que se haya realizado lo citado anteriormente, se procede a realizar la medición pre-intervención de todas las variables. Se aproxima que el tiempo ocupado para la medición de un sujeto, será aproximadamente 20 minutos.

Las variables de fuerza concéntrica de cuádriceps a 60° y la fuerza excéntrica de isquiotibiales a 30° serán medidas con el dinamómetro isocinético (PRIMUS RS).

Mientras tanto, las variables de la elipse de confianza, el desplazamiento antero-posterior y el desplazamiento latero-medial serán medidas con la plataforma estabilométrica (Zebris medical GmbH+).

Antes de comenzar a realizar la prueba, se permitirá a los pacientes que se familiaricen con los dispositivos de medida para que eviten un mayor sesgo en las mediciones. Por lo tanto, los sujetos realizarán una práctica previa a la medición.

Para medir las variables de la fuerza, tanto para el cuádriceps como para los isquiotibiales, se realizarán 3 series de 8 repeticiones con 1 minuto de descanso entre cada serie. Despreciando, las 2 primeras repeticiones y la última repetición por el posible sesgo que pueda haber, nos quedaremos con el valor de la media de las otras 5 repeticiones. Se utilizará la herramienta 701 junto con la sujeción de tobillo.

Para la realización del test para obtener la fuerza del cuádriceps, el sujeto debe estar sentado en la camilla, esta se ajustará, y también la altura del cabezal para que el eje del dinamómetro coincida con el cóndilo femoral lateral.

Para la realización del test para obtener la fuerza de los isquiotibiales, el sujeto debe colocarse en decúbito prono sobre la camilla, y al igual que para la medición de la variable del cuádriceps, se ajustará la camilla y la altura del cabezal para que el eje del dinamómetro coincida con el cóndilo femoral.

Antes de realizar la prueba de dinamometría, se debe calibrar la máquina, se debe comprobar que la camilla está fijada y ajustada, y que la colocación del paciente y del eje del dinamómetro deben ser las adecuadas para así evitar compensaciones.

Mientras se realiza la prueba se deben tener ciertas precauciones, el test debe realizarse en un rango de movimiento no doloroso, y si mientras se está realizando la prueba, el paciente presenta algún tipo de dolor, se debe parar el dinamómetro.

Algunas de las ventajas del dinamómetro isocinético es el aporte de datos como la fuerza máxima, el trabajo máximo, la potencia del grupo muscular que se está evaluando, y el ROM que tiene en el movimiento que se está realizando. (38)

Para medir las variables relacionadas con la estabilidad, el test consistirá en colocarse sobre la plataforma estabilométrica en apoyo monopodal sobre el miembro inferior afecto. Una vez colocado, deberá cerrar los ojos y permanecer lo más estable posible durante 30 segundos. Mediante este test, sacaremos el valor de las variables elipse de confianza, desplazamiento antero-posterior, y el desplazamiento latero-medial.

Una vez realizada la medición pre-intervención, el estadístico será el encargado de recoger todos los resultados y analizarlos mediante el programa estadístico *IBM SPSS Statistics Desktop 22.0*.

Tras la primera medición, se llevará a cabo el proceso de intervención. A la vez que se realiza este proceso, los pacientes seguirán recibiendo el tratamiento convencional para la recuperación de LCAE.

El proceso de intervención tendrá una duración de 6 semanas, con 3 sesiones por semana, en días alternos, es decir, dejando 48 horas entre cada sesión. El tiempo de duración de la intervención estará alrededor de los 20 minutos.

La muestra se dividirá en dos grupos de forma aleatoria formando así un grupo control y un grupo experimental.

Grupo control: *tratamiento convencional y ejercicio terapéutico de contracción de cuádriceps y contracción de isquiotibiales.*

El ejercicio terapéutico que debe realizar el paciente del grupo control se divide en dos:

- Una contracción isométrica de isquiotibiales.
- Una contracción isométrica de cuádriceps.

Para realizar la contracción isométrica de isquiotibiales, el paciente debe encontrarse sentado sobre la camilla, sin agarrarse a esta para evitar compensaciones y con un fitball entre sus piernas y la camilla. El ejercicio consiste en realizar con una flexión de rodilla apretando así el fitball contra la camilla. El ejercicio constará de 3 series de 5 repeticiones de 6 segundos de contracción con 12 segundos de descanso entre cada contracción.

Mientras tanto, para la contracción isométrica de cuádriceps, el paciente se encontrará sentado en una silla, enfrente a una camilla y con un fitball entre él y la camilla. El ejercicio consiste en realizar una extensión de rodilla apretando así el fitball contra la camilla. Al igual que en la contracción de los isquiotibiales, el ejercicio constará de 3 series de 5 repeticiones de 6 segundos de contracción con 12 segundos de descanso entre cada contracción.

Grupo experimental: *tratamiento convencional y ejercicio de co-contracción de cuádriceps e isquiotibiales con electroestimulación.*

Se le realizará el tratamiento común a toda persona que participe, como en el grupo control. Pero la diferencia con este será que el grupo experimental realizará una co-contracción de cuádriceps e isquiotibiales con electroestimulación.

En este grupo es esencial la programación de la electroestimulación sea la adecuada por parte de los dos fisioterapeutas que estarán con los pacientes en el momento de la intervención.

El tipo corriente que se les aplicará es una corriente bifásica simétrica cuadrada. Las características de esta serán:

- El ancho de impulso será de *400 mseg.*
- La frecuencia utilizada será de *90 Hz.*
- El tiempo de contracción será de *3 segundos*, mientras que el tiempo de reposo será de *12 segundos.*
- El tiempo de duración del ejercicio será de *12 minutos.*
- Se utilizarán electrodos adhesivos, cuya colocación será un canal para el vasto externo del cuádriceps, y otro canal para el recto anterior y el vasto interno del cuádriceps.

Una vez colocada la electroestimulación y comprobado que los parámetros son correctos para todos los pacientes, los fisioterapeutas procederán a explicar el ejercicio a realizar. Este consiste en:

- Realizar una contracción voluntaria de la musculatura isquiotibial, mientras que, por la electroestimulación, se produce una contracción involuntaria de la musculatura del cuádriceps.

Para realizarlo, el paciente se colocará sentado sobre una camilla dejando caer las piernas por fuera de esta. Es imprescindible que tenga el tronco vertical, que se encuentre estabilizado y que no realice ninguna compensación con su cuerpo.

Entre la camilla y las piernas del paciente se colocará un fitball, de tal manera que en el momento en el que el paciente sienta la corriente, deberá realizar una contracción voluntaria de 3 segundos de la musculatura flexora de la rodilla apretando el fitball contra la camilla.

Una vez terminado el proceso de intervención, se procederá a realizar la segunda medición

en el laboratorio de biomecánica de la Escuela de Enfermería y Fisioterapia de la Universidad Pontificia de Comillas.

Tras finalizar la segunda medición, el estadístico del proyecto será el encargado de recoger los datos y analizarlos con respecto a los datos obtenidos en la primera medición, con el fin de comprobar si hay diferencias significativas o no.

Al igual que en la primera medición, el estadístico utilizará el programa estadístico *IBM SPSS Statistics Desktop 22.0*.

Finalmente, el fisioterapeuta especializado en investigación será el encargado de obtener las conclusiones del estudio con los datos proporcionados por el estadístico.

Anexo II.

Hoja de recogida de datos personales

Nombre: _____

Apellido: _____

Teléfono móvil: _____

DNI: _____

Fecha de nacimiento: _____

Número de identificación: _____

Marcar con una X:

- Grupo control
- Grupo experimental

Firma del investigador:

Fecha:

Firma del participante:

Fecha:

Anexo III.

Consentimiento informado.

D/Dña _____ con DNI _____

He leído la hoja de información proporcionada, he podido realizar las preguntas que he considerado oportunas y he aceptado voluntariamente la participación en el estudio.

Firmando en la parte inferior consiento la aplicación de las técnicas que se han explicado anteriormente de forma suficiente y comprensible.

Comprendo tener la libertad de poder retirarme del estudio de forma voluntaria, sin tener que dar explicaciones y sin que esto repercuta en los cuidados médicos. Entiendo mi función en el proyecto de investigación y consiento ser atendido por un fisioterapeuta colegiado.

Declaro haber facilitado de manera leal y verdadera los datos sobre mi estado físico y salud que pudiera afectar a los procedimientos realizados. Asimismo, decido, dar mi conformidad, libre, voluntaria y consciente a los procedimientos que se han informado.

Firma:

Fecha:

El/La fisioterapeuta _____ declaro haber proporcionado la información de forma adecuada al paciente y haber respondido a las dudas surgidas.

Firma:

Fecha:

Número de colegiado:

En caso de abandono voluntario de la participación del estudio, yo _____ (nombre, apellidos y DNI) revoco mi participación en dicha investigación a fecha: _____

Firma:

Anexo IV.

Solicitud de evaluación del ensayo clínico presente al CEIC.

Don Martín Pérez Saz, con DNI 70085****, en carácter de investigador principal, graduado por la Universidad Pontificia de Comillas y con teléfono de contacto 68916****.

EXPONE:

El deseo de realizar el estudio **“Valorar las diferencias de fuerza y estabilidad tras un ejercicio co-contracción de cuádriceps e isquiotibiales con electroestimulación en futbolistas operados de ligamento cruzado anterior”** el cual será llevado a cabo en la Escuela de Enfermería y Fisioterapia de la Universidad Pontificia de Comillas, ubicado en la avenida San Juan de Dios, número 1, 28350, Ciempozuelos, Madrid.

El estudio se llevará cabo cumpliendo con todos los requisitos legales vigentes, se protegerá la información de carácter personal de los sujetos como así lo exige la Ley Orgánica 3/2018 de 5 de diciembre, de protección de datos personales y garantía de los derechos digitales, así como respetarán todos los aspectos éticos para la realización de ensayos clínicos. De la misma manera se garantiza que la información obtenida durante el estudio presentado será solo empleada para mejora de la práctica clínica y mejorar la calidad de vida de los pacientes.

SOLICITA:

La acreditación correspondiente para la realización del presente estudio. Para la cual se adjunta la siguiente documentación:

- Descripción de terapia a emplear.
- Consentimiento informado de los sujetos de estudio.
- Currículum Vitae del equipo investigador.
- Declaración escrita de cada uno de los componentes del equipo investigador por la cual niegan cualquier tipo de interés contrario al expuesto en la presente solicitud.

En Madrid, a... de de 20...