

**UNIVERSIDAD MIGUEL HERNÁNDEZ DE ELCHE**

**FACULTAD DE MEDICINA**

**TRABAJO FIN DE GRADO**

**GRADO EN FISIOTERAPIA**



**COMPARACIÓN DE LA ACTIVIDAD ELECTROMIOGRÁFICA DEL GRUPO MUSCULAR CUÁDRICEPS EN FUTBOLISTAS DURANTE LA REALIZACIÓN DE MÚLTIPLES EJERCICIOS: UN DISEÑO DE ESTUDIO OBSERVACIONAL.**

**AUTOR: PÉREZ FIERRO, SERGIO**

**Nº expediente: 2581**

**TUTOR: Víctor Moreno Pérez**

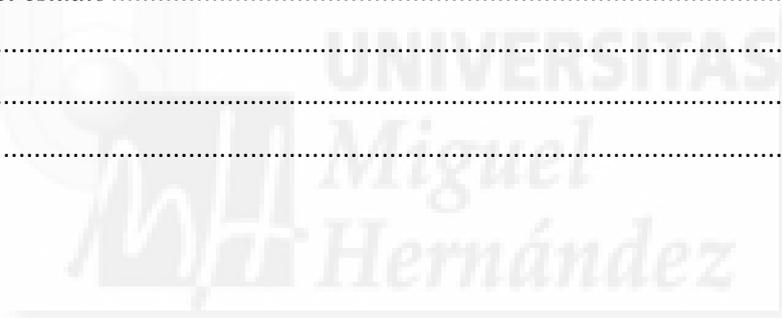
**Curso académico: 2020- 2021**

**Convocatoria de Junio**



# ÍNDICE

RESUMEN.....	1
INTRODUCCIÓN.....	3
OBJETIVOS.....	6
<i>Objetivo principal:</i> .....	6
<i>Objetivos secundarios:</i> .....	6
MATERIAL Y MÉTODOS .....	7
<i>Participantes:</i> .....	7
<i>Diseño de estudio:</i> .....	7
<i>Procedimiento</i> .....	8
<i>Ejercicios elegidos para el estudio</i> .....	10
<i>Análisis estadístico</i> .....	14
EXPECTATIVAS FUTURAS DE LA PROPUESTA DE ESTUDIO .....	15
<i>Futuros resultados</i> .....	15
<i>Limitaciones del estudio</i> .....	16
<i>Conclusión</i> .....	17
ANEXOS .....	18
BIBLIOGRAFÍA.....	26



## **RESUMEN**

**Introducción:** La lesión en el cuádriceps es una de las más comunes dentro de la práctica del fútbol. Existen diferentes mecanismos de lesión y el recto femoral es el que se lesiona de manera más frecuente al ser un músculo biarticular. Los programas de ejercicio se utilizan en prevención y tratamiento del cuádriceps; sin embargo, hay una falta de conocimiento sobre la intensidad de los ejercicios utilizados habitualmente.

**Objetivo:** El principal propósito de este estudio consistirá en conocer y comparar la activación muscular de los diferentes componentes del músculo cuádriceps durante los ejercicios sujetos a estudio mediante la electromiografía.

**Material y métodos:** 20 futbolistas masculinos participarán en este estudio observacional descriptivo. La activación muscular del recto femoral, vasto medial y vasto lateral será recogida por electromiografía de superficie (mDurance Solutions SL, Granada, Spain) durante la realización de 7 ejercicios. Los sujetos realizarán 10 repeticiones de cada ejercicio y los valores de electromiografía se presentarán como el porcentaje (%) del valor de contracción isométrica máxima voluntaria (MVIC), que se calculará previamente y se clasificarán en ejercicios de baja, media y alta intensidad.

**Expectativas futuras del estudio:** Los resultados de este estudio nos permitirá obtener datos de manera objetiva de lo que ocurre en la musculatura durante la realización de cada ejercicio y con ello poder diseñar mejores estrategias de prevención, manejo y tratamiento de las lesiones en el cuádriceps.

**Palabras clave:** Recto femoral, Fútbol, EMG, Ejercicio, Prevención.

## **ABSTRACT**

**Introduction:** Quadriceps injury is one of the most common injuries in soccer practice. There are different mechanisms of injury and the rectus femoris is the most frequently injured because it is a biarticular muscle. Exercise programs are used in the prevention and rehabilitation of the quadriceps; however, there is a lack of knowledge about the intensity of the commonly used exercises.

**Objective:** The purpose of this study will be to know and compare the muscle activation of the different components of the quadriceps muscle during the exercises under study using electromyography.

**Materials and methods:** 20 male soccer players will participate in this descriptive observational study. Muscular activation of the rectus femoris, vastus medialis and vastus lateralis will be collected by surface electromyography (mDurance Solutions SL, Granada, Spain) during the performance of 7 exercises. Subjects will performed 10 repetitions of each exercise and electromyography values will be presented as the percentage (%) of the maximum voluntary isometric contraction (MVIC) value, which will be pre-calculated and classified into low, medium and high intensity exercises.

**Future expectations of the study:** The results of this study will allow us to objectively obtain data on what happens in the muscles during the performance of each exercise, therefore we will be able to design better prevention and rehabilitation strategies of injuries in the quadriceps muscle.

**Keywords:** Rectus femoris, Soccer, EMG, Exercise, Prevention.

## INTRODUCCIÓN

El fútbol es el deporte de equipo más practicado en el mundo y su popularidad sigue aumentando (1). A lo largo del tiempo se ha convertido en un deporte más competitivo, con unas demandas físicas muy exigentes y con una gran carga de entrenamiento y partidos. Todo esto ocasiona que los futbolistas sufran lesiones de manera más asidua.

Como en cualquier deporte, las lesiones son un aspecto negativo y a evitar, ya que merman al club tanto en el rendimiento deportivo como en el apartado económico (2-4). En este sentido, se estima que la lesión durante 1 mes de un futbolista en un equipo profesional de alto nivel tiene un coste promedio alrededor de 500.000 euros (2).

Se ha observado cómo la prevención de las lesiones es un campo fundamental dentro del deporte profesional (5,6). Para conseguir reducir las lesiones en el fútbol, se han realizado múltiples estudios sobre la epidemiología lesional en este deporte, así se consigue observar qué tipo de lesión es más común y dónde ocurre, para de esta forma actuar con métodos de trabajo preventivo (3, 7-13). En un equipo formado por 25 jugadores, se producen una media de 50 lesiones por temporada (3), calculando una incidencia de 8,1 lesiones por cada 1000 horas de exposición. En cuanto a la localización de las lesiones en el fútbol, el 85% ocurren en el miembro inferior (3, 7-10). Además, las lesiones musculares son las más frecuentes, suponen más del 31% del total (7, 8). Dentro de éstas, el 92% se producen en 4 grandes grupos musculares, isquiosurales, aductores, cuádriceps y tríceps sural, respectivamente. (8)

El cuádriceps es un músculo que se lesiona con frecuencia en deportes que requieren de golpes de patada repetitivos, como el fútbol (11). Dentro de este grupo muscular, el recto femoral es el que se lesiona con más frecuencia debido a que es un músculo biarticular (11, 14-16). Su función es la de extender la rodilla, flexionar la cadera y estabilizar la pelvis sobre el fémur en carga. Éste es el tercer músculo que más se lesiona en el fútbol, el 19 % de las lesiones musculares se producen en él. A pesar de no ser el músculo con mayor incidencia lesional, su lesión causa la pérdida de un mayor número de partidos que las lesiones en otros grupos musculares como isquiosurales y aductores. Además, la tasa

de recaída de las lesiones en el recto femoral es del 17%, las cuales tienen peor pronóstico y abarcan un mayor tiempo de recuperación. (8, 11, 13).

Las lesiones musculares suelen ocurrir durante la fase excéntrica del movimiento. Concretamente, se conocen 3 tipos distintos de mecanismos de lesión cuando afecta al recto femoral, lesión en la aceleración, en la deceleración y en el golpeo, siendo el más común éste último (14). Estas acciones requieren de una contracción muscular excéntrica, que sumado a que es un músculo biarticular y está formado por un alto porcentaje de fibras tipo II (aproximadamente 65%), hace que éste sea más propenso a lesión (11). Asimismo, el 60% de las lesiones del recto femoral se producen en la pierna dominante, comparado con el 33% que ocurren en la pierna no dominante. Esto es debido a la preferencia en el golpeo con la pierna dominante y por ello sufre una mayor exposición a acciones de alto riesgo (8, 11, 13, 17).

Entre los principales factores de riesgo intrínsecos que predisponen a la lesión de la musculatura del recto femoral se encuentra tanto la existencia de una lesión previa en el mismo músculo (8, 13, 18, 19), como una lesión reciente en la musculatura antagonista, los isquiosurales (18), y una disminución de la flexibilidad (11). Por otra parte, acerca de los factores extrínsecos, la literatura expone que un terreno de juego seco aumenta el riesgo de lesión de cuádriceps (12,20).

En los últimos años, se ha demostrado la importancia del ejercicio activo tanto en la prevención como en la recuperación de lesiones (21). Con ejercicio excéntrico se consigue reducir la incidencia lesional en la musculatura del miembro inferior del futbolista (22), reproduciendo así las demandas que solicitará dicha musculatura durante la competición. La literatura recoge estudios sobre la musculatura isquiosural (23) y la musculatura glútea (24) que exponen una clasificación de múltiples ejercicios comúnmente utilizados en la recuperación de lesiones musculares. Esta clasificación se basa en el nivel de MVIC de estos grupos musculares obtenida mediante electromiografía de superficie, la cual da acceso a hacer una perfecta planificación tanto de prevención, manejo o tratamiento de lesiones. Por el contrario, en cuanto al cuádriceps, un estudio reciente analiza la activación del cuádriceps en 2 ejercicios (25), pero no existe

evidencia que abarque un análisis de múltiples ejercicios que nos permita conocer cuáles producen una mayor y una menor activación muscular.

Por ello, se plantea el presente trabajo final de grado, con el fin de obtener datos de manera objetiva de la activación muscular durante la realización de ciertos ejercicios.



## **OBJETIVOS**

### ***Objetivo principal:***

- Conocer y comparar la activación muscular de los diferentes componentes musculares del cuádriceps, mediante un aparato de electromiografía de superficie, en 7 ejercicios utilizados comúnmente en el mundo del deporte.

### ***Objetivos secundarios:***

- En base a los resultados obtenidos, realizar una clasificación de los ejercicios según produzcan una mayor o una menor activación muscular.
- Analizar la ratio Vasto medial - Vasto lateral para cada uno de los ejercicios.



## **MATERIAL Y MÉTODOS**

### ***Participantes:***

Una muestra total de 20 jugadores de fútbol masculino participará en el estudio de forma voluntaria. Los criterios de inclusión para participar en él serán: (i) ser hombre, mayor de edad, (ii) estar en activo en un club de fútbol en el momento del estudio. Además, los participantes que hayan sufrido una lesión en el miembro inferior o una patología cardiorrespiratoria en los últimos seis meses serán excluidos del estudio. Los sujetos aceptados para el estudio serán totalmente anónimos, no se recogerá ningún tipo de dato identificativo, sino que serán codificados con un número. Este estudio sigue las directrices de la Declaración de Helsinki y ha obtenido su aprobación ética con referencia TFG.GFI.VMP.SPF.201211 por parte del Comité de ética de la Oficina de Investigación Responsable, perteneciente a la Universidad Miguel Hernández de Elche. A cada deportista se le entregará una hoja informativa (anexo 1) donde se le explica todo lo relacionado con el estudio. Además, cada uno recibirá y firmará un consentimiento informado (anexo 2) dejando constancia de su voluntariedad de participar en el estudio y la posibilidad de revocar su participación en cualquier momento.

### ***Diseño de estudio:***

El presente trabajo es una propuesta de estudio observacional descriptivo que tendrá una duración aproximada de 6 meses, detallada en el plan de trabajo (anexo 3). La captación de los sujetos se llevará a cabo mediante un formulario de inscripción (anexo 4) difundido por la universidad Miguel Hernández de Elche, que llegará a todos sus estudiantes. Se llevará a cabo en el Centro de Investigación del Deporte (CID) de la Universidad Miguel Hernández, en el laboratorio de biomecánica y salud, donde los deportistas ejecutarán 7 ejercicios comúnmente utilizados en la recuperación y prevención de lesiones que involucren el cuádriceps (11, 25-29). El orden de los ejercicios se ha establecido de manera aleatoria. A pesar de esto, todos los participantes seguirán el mismo proceso y el mismo orden de ejercicios, en los cuales, se realizará 2 segundos de fase concéntrica y 2 segundos de fase excéntrica controlándolo

con un metrónomo. En todos los ejercicios se tomará como referencia la pierna dominante del sujeto y éste deberá llevar mínimo 48 horas sin realizar ninguna actividad física exigente.

### ***Procedimiento***

Los deportistas acudirán con ropa de deporte cómoda y zapatillas deportivas. Una vez llegados al laboratorio se les codificará y se tomarán datos como la edad, peso y altura, midiéndolos solamente con su ropa interior. Posteriormente realizarán una sesión de calentamiento que constará de 7 minutos de carrera continua seguido de 4 minutos de estiramientos dinámicos balísticos del miembro inferior para aumentar el tono y la temperatura corporal. Para calentar la parte central del cuerpo, el core, los participantes realizarán 3 planchas frontales de 30 segundos cada una, con un descanso de 15 segundos entre ellas. Una vez realizado el calentamiento, se colocarán los sensores de la electromiografía de superficie en el recto femoral, vasto lateral y vasto medial de la pierna dominante de cada sujeto. Para la colocación de estos sensores se seguirán las recomendaciones del protocolo SENIAM (30). La zona de la piel dónde se colocarán los electrodos será rasurada y limpiada con alcohol antes de su colocación. El aparato de electromiografía que se utilizará será el mDurance (mDurance Solutions SL, Granada, Spain), un sistema novedoso, portátil y de bajo coste validado recientemente (31). El sistema cuenta con una aplicación móvil encargada de recibir todos los datos de la electromiografía y subirlos a una nube, donde se registran, procesan y analizan generando informes.

Se empezará la medición calculando la MVIC en un dinamómetro isocinético BIODEX SYSTEM 4 PRO (Enraf Nonius-Ibérica S.A.). Los participantes se colocarán sentados con la cadera flexionada a 85° y la rodilla a 90° de flexión con los brazos cruzados sobre el pecho. La pelvis y el torso se asegurarán a la silla mediante correas ajustables para aislar el músculo cuádriceps durante la medición (figura 1). La almohadilla del dinamómetro se colocará por encima de la articulación del tobillo ajustándose de manera que el eje de rotación de la articulación de la rodilla esté alineado con el eje de rotación del dinamómetro (32). Una vez realizado este paso, los participantes realizarán 3 contracciones isométricas submáximas al 50 % de sus capacidades para calentar y familiarizarse con el dinamómetro. Tras esto, los participantes realizarán 3 series de contracción isométrica máxima durante 5 segundos con un

período de descanso de 2 minutos entre contracciones (33). De estas tres series, se analizarán los 3 segundos intermedios de cada una y se elegirá la contracción que tenga la media más alta. De acuerdo con Bourne et al. (34), esta media se utilizará como valor de referencia para representar la amplitud máxima electromiográfica. A cada participante se le dará un estímulo verbal estandarizado y feedback visual del monitor.

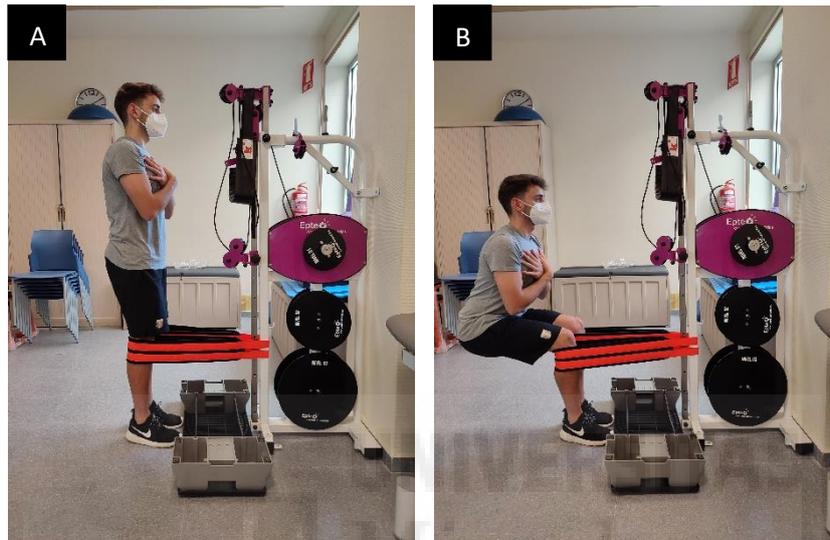
A continuación, los participantes se familiarizarán con los 7 ejercicios propuestos, a pesar de que en algunos casos estén acostumbrados a realizarlos y los usen durante su práctica habitual. Los participantes tras la familiarización realizarán una serie de 10 repeticiones de cada ejercicio en el mismo orden, descritos a continuación. Habrá un tiempo de descanso entre ejercicios de 5 minutos, tiempo suficiente para relajarse y evitar una posible acumulación de fatiga. En caso de error durante la ejecución, se requerirá que el sujeto descanse durante 3 minutos y luego realice el mismo ejercicio nuevamente.



**Figura 1** Medición de la MVIC en el dinamómetro isocinético.

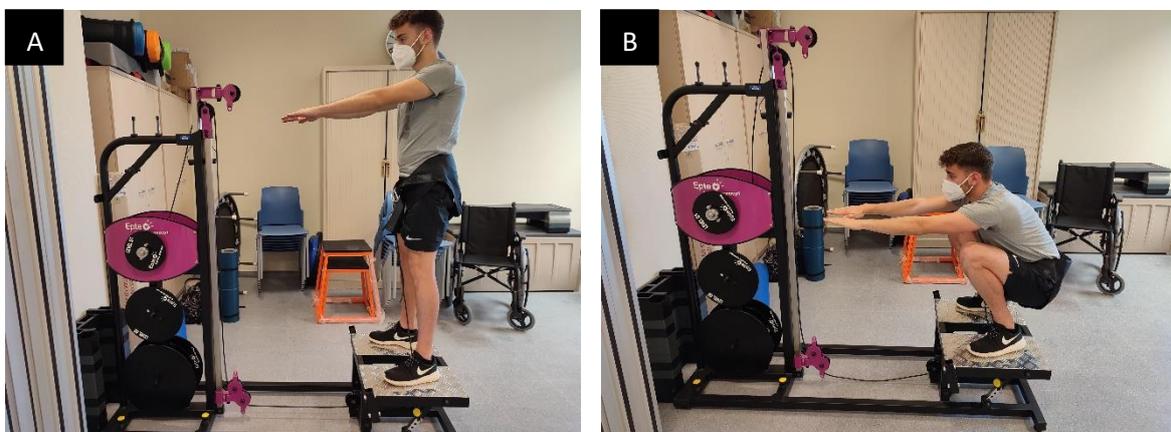
## *Ejercicios elegidos para el estudio*

1. **Sentadilla con tirante muscular:** El sujeto partirá con una posición inicial erguida con el tirante muscular colocado justo por debajo de las rodillas. Descenderá haciendo una sentadilla de manera controlada y manteniendo la vertical del torso hasta alcanzar una flexión de rodilla de 90-100°. Tras esto, deberá volver a la posición inicial (figura 2).



**Figura 2** Sentadilla con tirante muscular. Posición inicial en imagen A. Posición final en imagen B.

2. **Sentadilla en máquina isoinercial:** Se utilizará la máquina Epte Inertial Concept. La posición inicial será con el cuerpo erguido, los brazos hacia delante y con un arnés enganchado a la máquina isoinercial. El sujeto realizará una sentadilla profunda y subirá venciendo la resistencia que le opondrá la máquina hasta llegar a la posición inicial (figura 3).



**Figura 3** Sentadilla en máquina isoinercial. Posición inicial en imagen A. Posición final en imagen B.

3. **Nórdico inverso:** El sujeto mantendrá una posición inicial donde se encontrará arrodillado sobre el suelo con los tobillos fijos. Para que el sujeto esté cómodo y no le produzca dolor se colocará una esterilla. Realizará una bajada lenta hacia atrás donde se solicitará de manera excéntrica el cuádriceps. Tras esto, regresará a la posición inicial (figura 4).

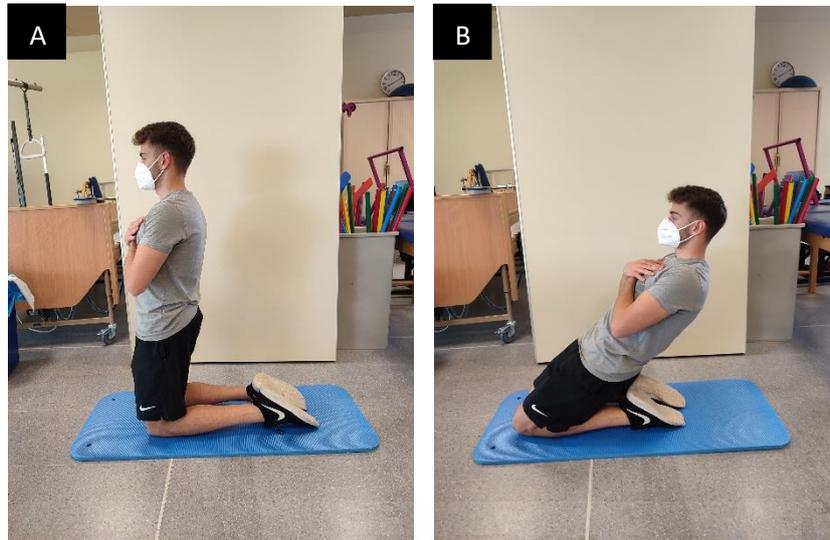


Figura 4 Nórdico inverso. Posición inicial en imagen A. Posición final en imagen B.

4. **Sentadilla unipodal:** La posición inicial será totalmente recta, con los brazos hacia delante y la pierna no dominante sin tocar el suelo en todo el recorrido. El ejercicio consistirá en realizar una sentadilla unipodal con la pierna dominante como pierna de apoyo hasta tocar la plataforma de 50 cm de altura colocada detrás del sujeto. Una vez descendido, el sujeto deberá volver a la posición inicial (figura 5).

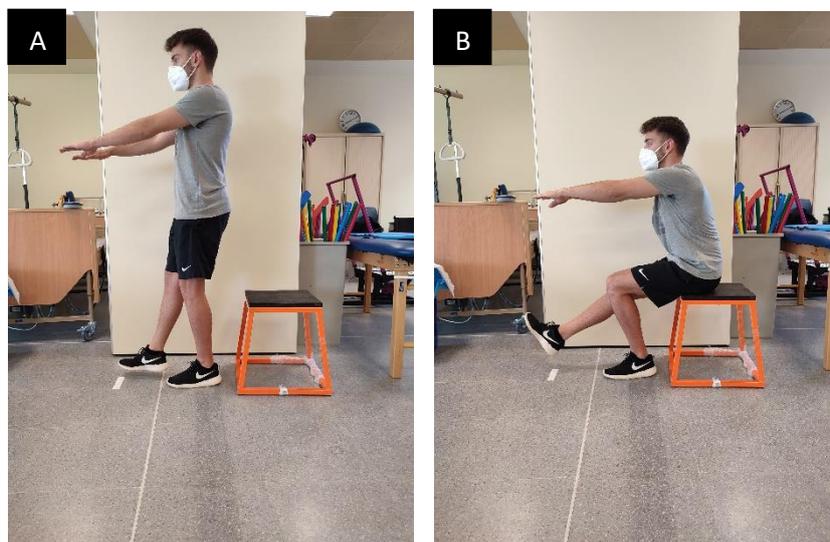
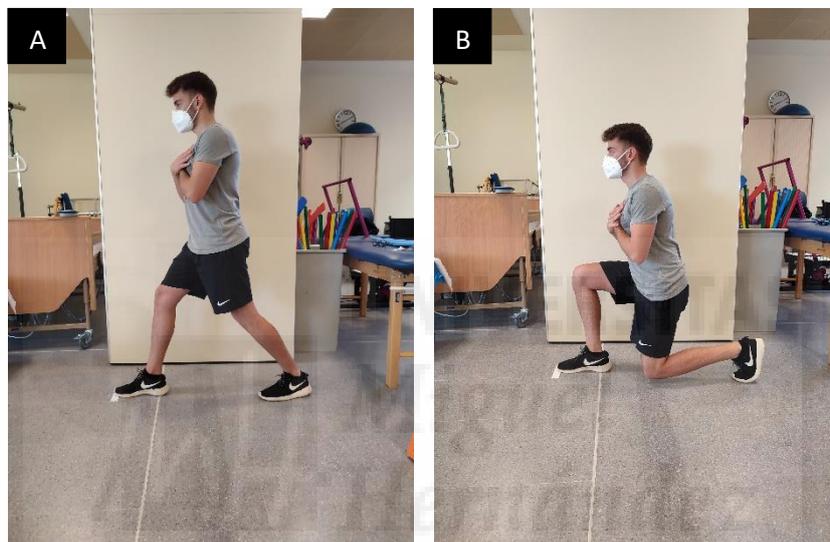


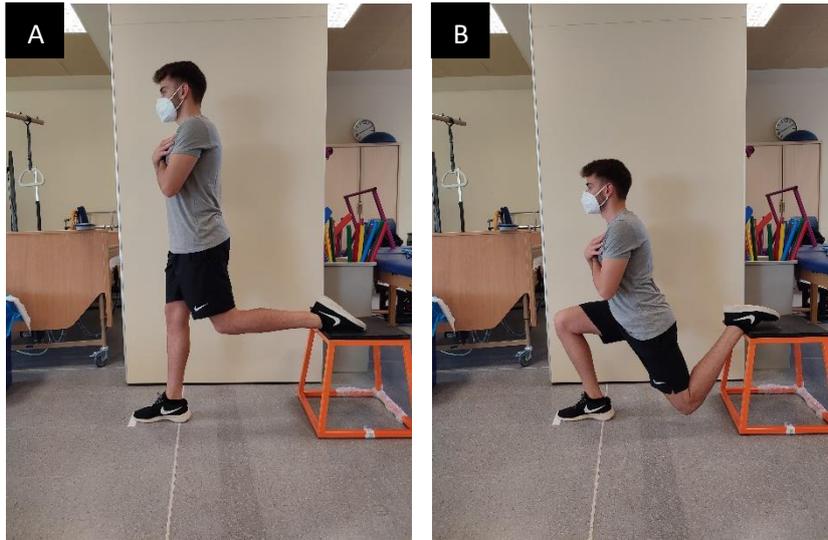
Figura 5 Sentadilla unipodal. Posición inicial en imagen A. Posición final en imagen B.

5. **Lunge:** El sujeto con una posición inicial erguida avanzará su pierna dominante y descenderá de forma controlada su torso perpendicularmente al suelo flexionando la rodilla y la cadera  $90^\circ$ . Para volver a la posición inicial, empujará fuertemente con la pierna adelantada para ascender lo más rápido que pueda. Previo al ejercicio se averiguará la posición final del movimiento correcta para cada paciente. Se colocará al paciente en dicha posición midiendo con goniómetro la doble flexión y se marcará con tape una línea horizontal en el suelo que el paciente no deberá superar, además, se medirá la distancia entre ambas piernas. Durante la realización del ejercicio se asegurará que la rodilla de la pierna avanzada no sobrepase la punta del pie (figura 6).



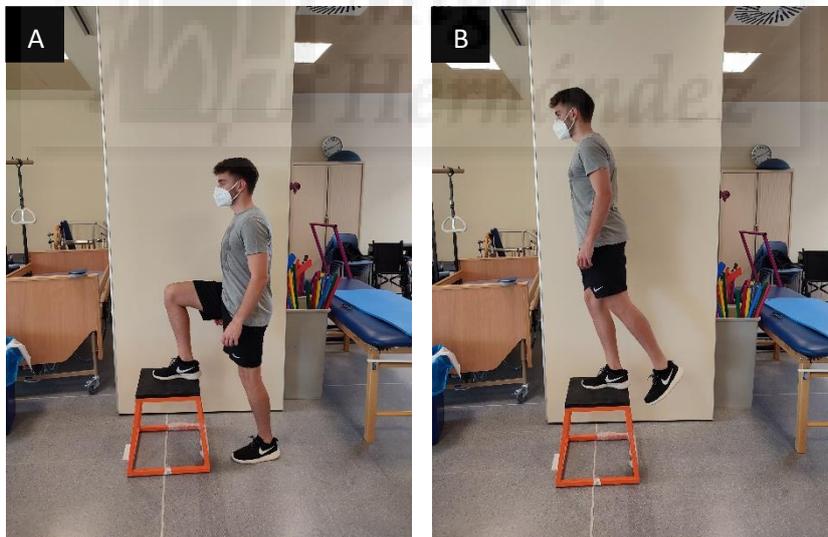
**Figura 6** Lunge. Posición inicial en imagen A. Posición final en imagen B.

6. **Sentadilla búlgara:** La posición de partida inicial consiste en avanzar la pierna dominante mientras se coloca la pierna trasera sobre una superficie elevada de 50 cm y la misma distancia entre piernas que en el lunge. Esto es así para que la cadera y la rodilla se flexionen  $90^\circ$ , de todos modos, se comprobará previamente que esto ocurre. Luego, los participantes tendrán que flexionar la rodilla delantera mientras mantienen el tronco recto y realizar el descenso de manera controlada. Tras ello, volverán a la posición inicial (figura 7).



**Figura 7** Sentadilla búlgara. Posición inicial en imagen **A**. Posición final en imagen **B**.

7. **Subida a cajón:** Para este ejercicio se utilizará una plataforma de 50 cm de altura. Los sujetos partirán de una posición inicial erguida, donde colocarán el pie de la pierna dominante sobre la plataforma. Seguidamente subirán como si estuviesen subiendo un escalón. Tras esto, deberán volver a la posición de partida de forma controlada (figura 8).



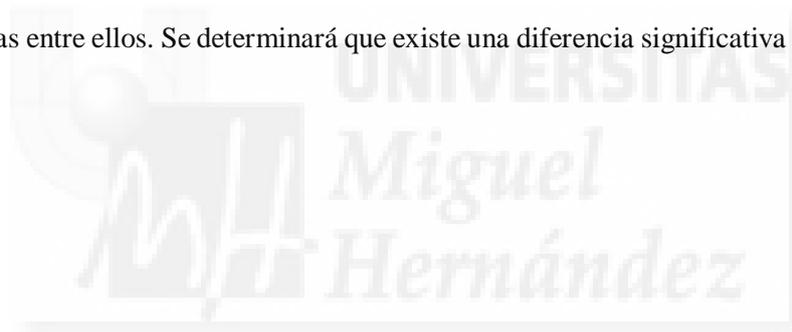
**Figura 8** Subida a cajón. Posición inicial en imagen **A**. Posición final en imagen **B**.

### *Análisis estadístico*

La media de EMG para cada ejercicio será determinada como el promedio de los valores obtenidos durante las 10 repeticiones de cada ejercicio. Posteriormente estas medias se compararán con los valores obtenidos en la contracción isométrica máxima voluntaria y mediante una regla de 3, el nivel de activación se presentará como el porcentaje (%) de la MVIC. Como realiza Tsaklis et al. (23), los ejercicios se clasificarán en baja intensidad (<50% MVIC), media intensidad ( $\geq 50\%$  - <80% MVIC) o alta intensidad ( $\geq 80\%$  MVIC).

Para analizar la ratio Vasto medial - Vasto lateral, se realizará una división entre los valores obtenidos para cada componente muscular en cada ejercicio de la siguiente forma  $\rightarrow \left( \frac{\text{Vasto medial}}{\text{Vasto lateral}} \right)$ .

Tras esto, los valores de la ratio para los 7 ejercicios serán comparados en un ANOVA para observar si existen diferencias entre ellos. Se determinará que existe una diferencia significativa cuando el valor sea  $p \leq 0,05$ .



## **EXPECTATIVAS FUTURAS DE LA PROPUESTA DE ESTUDIO**

### ***Futuros resultados***

Como en estudios anteriores (23,24), se espera encontrar diferentes activaciones musculares en cada ejercicio, pudiendo organizar los ejercicios en una clasificación progresiva según la activación muscular. Tsaklis et al. (23) observó en la musculatura isquiosural que los ejercicios como el lunge o el peso muerto provocaban una activación menor al 50% de la MVIC, por eso se clasificaron como ejercicios de baja intensidad. En cambio, la flexión de rodilla con fitball y el slide leg (deslizamiento de la pierna) provocaron una activación superior al 80%, clasificándolos como ejercicios de máxima intensidad y sirviendo de elección para realizar tareas preventivas y como tratamiento en última fase de return to play en isquiosurales. De acuerdo con Sánchez-Izquierdo et al. (35), el ejercicio realizado con dispositivos isoinerciales con breves episodios de sobrecarga excéntrica se asocia a mejoras en la fuerza concéntrica y excéntrica, hipertrofia y una mayor potencia muscular. Por eso mismo, se espera que el ejercicio propuesto de squat (sentadillas) en la máquina isoinercial (Epte Inertial Concept) obtenga unos valores de activación más elevados, principalmente en el periodo excéntrico, que los ejercicios propuestos que se realizan con el propio peso corporal. Además, cabe recordar que las lesiones musculares en el cuádriceps se producen mayoritariamente en la fase excéntrica del golpeo (14), por ello, introducir un entrenamiento preventivo de sobrecarga excéntrica en máquina isoinercial podrá relacionarse con una disminución de este tipo de lesiones. Asimismo, como se observa en otro estudio (36), este tipo de entrenamiento produce una mejora en el counter movement jump (CMJ) y en el 20m sprint test, que, traducido al rendimiento en el terreno de juego, se asocia a una mejora en tareas relacionadas con la fuerza explosiva, como son la capacidad de esprintar y saltar. Por otra parte, en ejercicios como el nórdico inverso y la sentadilla con tirante muscular también predomina una fase excéntrica, y será interesante observar si existe alguna diferencia significativa de la activación durante esta fase entre estos ejercicios y compararlo con la activación que se produce en la máquina isoinercial. Los ejercicios de lunge y sentadilla búlgara son los que se han estudiado anteriormente (25,37). Ambos estudios coinciden en que el patrón de activación intramuscular del cuádriceps está encabezado por el vasto medial, seguido

del vasto lateral y por último el recto femoral, mostrando una activación significativamente inferior que la de ambos vastos. En el trabajo de Navarro et al. (37), se encuentran diferencias significativas entre los dos ejercicios para el vasto medial y el lateral, siendo el nivel de activación significativamente superior en la sentadilla búlgara. En cuanto al recto femoral, no se encuentran diferencias.

Bourne et al. (34) en un previo estudio, observó que existen muchas variables de las cuales dependerá la activación muscular, entre ellas se encuentra el ROM del ejercicio, si el ejercicio es de cadena cinética cerrada o abierta, o incluso si el ejercicio es dominante de cadera o de rodilla. En su estudio, demuestra como el patrón de activación varía según las demandas y características de cada ejercicio, por ejemplo, el ejercicio nórdico para isquiosurales recluta más la musculatura medial de este grupo que el bíceps femoral. Esto puede llevar a pensar que en el cuádriceps pasará lo mismo y se obtendrá una mayor activación en el vasto medial que en el lateral durante la realización del ejercicio nórdico inverso. Asimismo, se observa cómo de manera generalizada en todos los ejercicios, se encuentran valores de activación más elevados durante la fase concéntrica que en la excéntrica, resultados que se esperan encontrar también en este estudio.

### ***Limitaciones del estudio***

El estudio se realizará en hombres futbolistas y por lo tanto limita la generalización solo a este grupo. En consecuencia, no podemos concluir que los resultados sean aplicables a mujeres, otro tipo de deportistas, jugadores con cualquier patología o la población general no activa.

La electromiografía de superficie está sujeta a varias limitaciones, ya que la señal electromiográfica está influenciada por factores como el grosor de las capas del tejido o los cambios en las propiedades de conductividad del tejido muscular que separan electrodos y fibras musculares. (38) Sin embargo, la aplicación del dispositivo mDurance (mDurance Solutions SL, Granada, Spain), al ser inalámbrico, nos permitirá realizar ejercicios más dinámicos que los realizados con otro tipo de electromiógrafo, ya que provoca que las señales sean emitidas con menos ruido y la obtención de datos se produzca de manera rápida y simple.

Por otra parte, es cierto que se realizan ejercicios comúnmente utilizados en el ámbito deportivo y que los participantes estarán acostumbrados a ejecutar. Sin embargo, la falta de familiarización con ciertos ejercicios, como puede ser la sentadilla en máquina isoinercial, puede ser una limitación para el estudio. Esto es debido a que es un dispositivo que no está al alcance de todas las personas, principalmente por el alto coste que supone.

### ***Conclusión***

Los métodos de trabajo preventivo pueden reducir el riesgo de lesión en el miembro inferior, principalmente el ejercicio excéntrico (21,22); sin embargo, la incidencia lesional del cuádriceps sigue siendo alta. Continuar mejorando y refinando estos programas de prevención es necesario para llegar a la fórmula óptima para reducir el riesgo de estas lesiones, volver al nivel competitivo anterior a la lesión de manera más precoz y evitar un proceso de recaída, el cual tiene peor pronóstico y abarcará un mayor tiempo de recuperación (11,13). Para ello, la realización de esta propuesta de estudio nos permitirá conocer la activación muscular del cuádriceps en los ejercicios comúnmente utilizados en el ámbito deportivo, obtener datos de manera objetiva de lo que ocurre en la musculatura durante su realización y poder diseñar mejores estrategias de prevención, manejo y tratamiento de las lesiones en el cuádriceps.

Teniendo en cuenta que la propuesta ya ha obtenido la aprobación ética para su realización por parte del Comité de ética de la Oficina de Investigación Responsable, perteneciente a la Universidad Miguel Hernández de Elche, se espera llevarlo a cabo próximamente, antes de que termine sus dos años de caducidad.

## ANEXOS

### ANEXO I

#### HOJA DE INFORMACIÓN A EL/LA PARTICIPANTE

Número Expediente:	201211200638
Título del proyecto:	Comparación de la actividad electromiográfica del grupo muscular cuádriceps en futbolistas durante la realización de múltiples ejercicios.
Investigador principal y autor del TFG:	Sergio Pérez Fierro

Nos dirigimos a usted para solicitar su consentimiento para participar en un proyecto de investigación. Este proyecto ha sido aprobado por el Órgano Evaluador de Proyectos de la Universidad Miguel Hernández. El proyecto se llevará a cabo de acuerdo a la normativa vigente y a los principios éticos internacionales aplicables a la investigación médica en humanos (Declaración de Helsinki y su última revisión).

Con el fin de que pueda decidir si desea participar en este proyecto, es importante que entienda por qué es necesaria esta investigación, lo que va a implicar su participación, cómo se va a utilizar su información y sus posibles beneficios, riesgos y molestias. En este documento podrá encontrar información detallada sobre el proyecto. Por favor, tómese el tiempo necesario para leer atentamente la información proporcionada a continuación y nosotros le aclararemos las dudas que le puedan surgir. Cuando haya comprendido el proyecto, se le solicitará que firme el consentimiento informado si desea participar en él.

Si decide participar en este estudio debe saber que lo hace voluntariamente y que podrá, así mismo, abandonarlo en cualquier momento. En el caso en que decida suspender su participación, no supondría ningún tipo de penalización ni pérdida o perjuicio en sus derechos y/o relación con los investigadores.

El proyecto se llevará a cabo en el laboratorio Biomecánica y salud, del Centro de Investigación del Deporte (CID) de la UMH.

#### **¿POR QUÉ SE REALIZA ESTE PROYECTO?**

Este proyecto se realiza porque existen estudios que demuestran qué ejercicios producen una mayor activación de músculos como el glúteo mayor, o de un grupo de músculos como los isquiosurales. Pero no se conocen estudios que demuestren en qué ejercicios se activa más el grupo muscular del cuádriceps. En este estudio pretendemos comparar la actividad electromiográfica de los diferentes componentes del cuádriceps en 7 ejercicios, para así poder clasificarlos según el nivel de contracción

máxima isométrica. Esto nos permitirá idear formas de prevención, manejo y tratamiento mejores que las que poseemos en la actualidad.

### **¿CUÁL ES EL OBJETIVO DEL PROYECTO?**

Conocer y comparar la activación muscular de los diferentes componentes musculares del cuádriceps, mediante un aparato de electromiografía de superficie, en 7 ejercicios utilizados comúnmente en el mundo del deporte.

### **¿CÓMO SE VA A REALIZAR EL ESTUDIO?**

Se quedará con la muestra para el estudio de manera individual en el laboratorio Biomecánica y salud del Centro de Investigación del Deporte de la UMH, se les explicará qué ejercicios deberán realizar, y tras colocarles los electrodos de la electromiografía siguiendo las recomendaciones del protocolo SENIAM, harán dichos ejercicios.

Se recogerán únicamente los datos obtenidos por el aparato de electromiografía de la activación muscular y así poder realizar una comparación entre los ejercicios.

La duración del estudio se prolongará durante un periodo de tiempo de 6 meses, pero éste podrá ser mayor o menor.

### **¿QUÉ BENEFICIOS PUEDO OBTENER POR PARTICIPAR EN ESTE ESTUDIO?**

Usted recibirá el mismo trato participe o no en el proyecto. En consecuencia, no obtendrá ningún beneficio directo con su participación. No obstante, la información que nos facilite, así como la que se obtenga de los análisis que se realicen, pueden ser de gran utilidad para mejorar el conocimiento que tenemos hoy día sobre qué ejercicios producen una mayor activación en el cuádriceps y ello permitirá idear formas de prevención, manejo y tratamiento mejores que las que poseemos en la actualidad.

Por su participación en el estudio no obtendrá compensación económica.

### **¿QUÉ RIESGOS PUEDO SUFRIR POR PARTICIPAR EN EL ESTUDIO?**

Ninguno.

### **¿QUÉ DATOS SE VAN A RECOGER?**

No se va a recoger ningún dato con el que se le pueda identificar. Solamente se recogerán los datos de edad, peso, altura y el registro de la electromiografía.

### **¿CÓMO SE TRATARÁN MIS DATOS PERSONALES Y CÓMO SE PRESERVARÁ LA CONFIDENCIALIDAD?**

La UMH, como responsable del tratamiento de sus datos personales, le informa que estos datos serán tratados de conformidad con lo dispuesto en el Reglamento (UE) 2016/679 de 27 de abril (RGPD)

y la Ley Orgánica 3/2018 de 5 de diciembre (LOPDGDD)

El acceso a su información personal quedará restringido a Víctor Moreno Pérez y a Sergio Pérez Fierro (autor del TFG) cuando se precise, para comprobar los datos y procedimientos del estudio, pero siempre manteniendo la confidencialidad de los mismos de acuerdo a la legislación vigente. El Investigador/a, cuando procese y trate sus datos, tomará las medidas oportunas para protegerlos y evitar el acceso a los mismos de terceros no autorizados.

\* **Responsable del tratamiento:** Universidad Miguel Hernández de Elche; CIF: Q-5350015-C

\* **Responsable interno del tratamiento:** Sergio Pérez Fierro

\* **Contacto:** Además de poder contactar con el investigador/a principal, puede contactar con la delegada de protección de datos de la UMH: [dpd@umh.es](mailto:dpd@umh.es)

\* **Finalidad:** Realizar el tratamiento de sus datos personales para poder participar en este proyecto de investigación

\* **Legitimación:** Artículo 6.1.e del RGPD: El tratamiento es necesario para el cumplimiento de una misión realizada en interés público o en el ejercicio de poderes públicos. Ley referenciada: Ley Orgánica 6/2001, de 21 de diciembre, de Universidades: Artículo 1.1. “La Universidad realiza el servicio público de la educación superior mediante la investigación, la docencia y el estudio”.

\* **Obligación o no de facilitar datos y consecuencias de no hacerlo:** No aportar los datos solicitados imposibilita cumplir con la finalidad o finalidades del tratamiento.

\* **Decisiones automatizadas, perfiles y lógica aplicada:** Los datos no se utilizarán para decisiones automatizadas ni para la elaboración de perfiles.

\* **Destinatarios:** No existen cesiones a terceros, únicamente divulgación científica respetando el derecho a la intimidad de las personas participantes en la investigación.

\* **Transferencia internacional de datos fuera de la UE:** No existe

\* **Conservación de los datos:** Se conservarán entre 1 y 5 años por dos motivos: para cumplir con la finalidad para la que se recabaron y determinar las posibles responsabilidades que se pudieran derivar de dicha finalidad y del tratamiento de los datos.

\* **Derechos:** El interesado podrá ejercitar sus derechos de acceso, rectificación, oposición, supresión, portabilidad y limitación del tratamiento, así como, a no ser objeto de decisiones basadas únicamente en el tratamiento automatizado de sus datos, para ello se deberá dirigir mediante solicitud dirigida a la atención de Secretaria General de la UMH, Edificio Rectorado y Consejo Social, Avda. de la Universidad S/N, 03202, Elche-Alicante, o bien a través de sede electrónica <https://sede.umh.es/>. Para cualquier consideración adicional se puede poner en contacto con la delegada de protección de datos: [dpd@umh.es](mailto:dpd@umh.es). Asimismo, el interesado tiene derecho a presentar una reclamación ante la Autoridad de control ([www.aepd.es](http://www.aepd.es)) si considera que el tratamiento no se ajusta a la normativa vigente

\* **Origen de los datos:** Propio interesado

\* **Categoría de datos de los interesados:** Los especificados en el apartado “¿Qué datos se van a recoger?”

\* **Observaciones:** Para garantizar la confidencialidad, se procederá a la anonimización de sus datos. Esto implica que no será posible identificarle.

### **¿CON QUIÉN PUEDO CONTACTAR EN CASO DE DUDA?**

Si usted precisa más información sobre el estudio puede contactar con Sergio Pérez Fierro.

Teléfono: -----

Correo electrónico: [sergioperez.12@goumh.umh.es](mailto:sergioperez.12@goumh.umh.es)



**ANEXO 2**

**CONSENTIMIENTO INFORMADO**

Número Expediente:	201211200638
Título del proyecto:	Comparación de la actividad electromiográfica del grupo muscular cuádriceps en futbolistas durante la realización de múltiples ejercicios.
Investigador principal y autor del TFG:	Sergio Pérez Fierro

Yo.....

He leído esta hoja de información y he tenido tiempo suficiente para considerar mi decisión.

Me han dado la oportunidad de formular preguntas y todas ellas se han respondido satisfactoriamente.

Comprendo que mi participación es **voluntaria**.

Comprendo que puedo retirarme del estudio:

- Cuando quiera
- Sin tener que dar explicaciones.

Después de haber meditado sobre la información que me han proporcionado, declaro que mi decisión es la siguiente:

Doy

No doy

mi consentimiento para la participación en el presente proyecto de investigación. Además, me doy por informado de la utilización de mis datos personales en las condiciones detalladas en la hoja de información.

<b>FIRMA DEL/DE LA PARTICIPANTE</b>	<b>FIRMA DEL INVESTIGADOR</b>
<b>NOMBRE:</b>	<b>NOMBRE: SERGIO PÉREZ FIERRO</b>
<b>FECHA:</b>	<b>FECHA:</b>

## REVOCACIÓN DEL CONSENTIMIENTO

Yo, .....  
revoco el consentimiento prestado en fecha y no deseo continuar participando en el estudio  
“Comparación de la actividad electromiográfica del grupo muscular cuádriceps en futbolistas durante la  
realización de múltiples ejercicios”.

<b>FIRMA DEL/DE LA PARTICIPANTE</b>	<b>FIRMA DEL INVESTIGADOR</b>
<b>NOMBRE:</b>	<b>NOMBRE: SERGIO PÉREZ FIERRO</b>
<b>FECHA:</b>	<b>FECHA:</b>



**ANEXO 3**

**Plan de trabajo:**

Estudio	Actividades/Tareas	Ubicación	MESES												
			1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	
Comparación de la actividad electromiográfica del grupo muscular cuádriceps en futbolistas durante la realización de múltiples ejercicios.	<i>Preparación de protocolo y estudio piloto</i>														
	<i>Captación de sujetos</i>														
	<i>Realización de los tests de medición</i>	Laboratorio Biomecánica y salud (CID)													
	<i>Tratamiento y análisis de datos</i>	Laboratorio Biomecánica y salud (CID)													
	<i>Extracción de conclusiones y redacción de la memoria</i>														



## FORMULARIO DE INSCRIPCIÓN AL ESTUDIO

¡Hola! Si ha recibido este formulario y le interesa participar en un estudio para obtener una mayor información acerca del comportamiento del cuádriceps en futbolistas rellene este formulario. Tras rellenarlo recibirá en su correo una hoja informativa sobre el estudio.

Correo de contacto

Sexo

 Masculino       Femenino

¿Eres mayor de edad?

 Sí  
 No

¿Actualmente formas parte de algún club de fútbol?

 Sí  
 No

¿Has sufrido alguna lesión cardiorrespiratoria o en el miembro inferior en los últimos 6 meses?

 Sí  
 No

## BIBLIOGRAFÍA

1. Grooms DR, Palmer T, Onate JA, Myer GD, Grindstaff T. Soccer-specific warm-up and lower extremity injury rates in collegiate male soccer players. *J Athl Train.* 2013 Nov-Dec;48(6):782-9.
2. Ekstrand J. Keeping your top players on the pitch: the key to football medicine at a professional level. *Br J Sports Med.* 2013;47:723-4.
3. Ekstrand J, Hägglund M, Waldén M. Injury incidence and injury patterns in professional football: the UEFA injury study. *Br J Sports Med.* 2011 Jun;45(7):553-8.
4. Ueblacker P, Haensel L, Mueller-Wohlfahrt HW. Treatment of muscle injuries in football. *J Sports Sci.* 2016 Dec;34(24):2329-37.
5. Silvers-Granelli H, Mandelbaum B, Adeniji O, Insler S, Bizzini M, Pohlig R et al. Efficacy of the FIFA 11+ Injury Prevention Program in the Collegiate Male Soccer Player. *Am J Sports Med.* 2015 Nov;43(11):2628-37.
6. Thorborg K, Krommes KK, Esteve E, Clausen MB, Bartels EM, Rathleff MS. Effect of specific exercise-based football injury prevention programmes on the overall injury rate in football: a systematic review and meta-analysis of the FIFA 11 and 11+ programmes. *Br J Sports Med.* 2017 Apr;51(7):562-71.
7. López-Valenciano A, Ruiz-Pérez I, Garcia-Gómez A, Vera-Garcia FJ, De Ste Croix M, Myer GD et al. Epidemiology of injuries in professional football: a systematic review and meta-analysis. *Br J Sports Med.* 2020 Jun;54(12):711-8.
8. Ekstrand J, Hägglund M, Waldén M. Epidemiology of muscle injuries in professional football (soccer). *Am J Sports Med.* 2011 Jun;39(6):1226-32.
9. Waldén M, Hägglund M, Ekstrand J. Injuries in Swedish elite football--a prospective study on injury definitions, risk for injury and injury pattern during 2001. *Scand J Med Sci Sports.* 2005 Apr;15(2):118-25.

10. Waldén M, Hägglund M, Ekstrand J. UEFA Champions League study: a prospective study of injuries in professional football during the 2001-2002 season. *Br J Sports Med.* 2005;39(8):542-6.
11. Mendiguchia J, Alentorn-Geli E, Idoate F, Myer GD. Rectus femoris muscle injuries in football: a clinically relevant review of mechanisms of injury, risk factors and preventive strategies. *Br J Sports Med.* 2013 Apr;47(6):359-66.
12. Woods C, Hawkins R, Hulse M, Hodson A. The Football Association Medical Research Programme: an audit of injuries in professional football-analysis of preseason injuries. *Br J Sports Med* 2002 Dec;36(6):436–41.
13. Hägglund M, Waldén M, Ekstrand J. Risk factors for lower extremity muscle injury in professional soccer: the UEFA Injury Study. *Am J Sports Med.* 2013 Feb;41(2):327-35.
14. Morgan C, Konopinski M, Dunn A, Milsom J. Rehabilitation of rectus femoris injuries in kicking athletes. *SPSR* 2018;1:1–11.
15. Alonso-Fernandez D, Fernandez-Rodriguez R, Abalo-Núñez R. Changes in rectus femoris architecture induced by the reverse nordic hamstring exercises. *J Sports Med Phys Fitness.* 2019 Apr;59(4):640-7.
16. Dean CS, Arbeloa-Gutierrez L, Chahla J, Pascual-Garrido C. Proximal Rectus Femoris Avulsion Repair. *Arthrosc Tech.* 2016 May 30;5(3):e545-9.
17. Begum FA, Kayani B, Chang JS, Tansey RJ, Haddad FS. The management of proximal rectus femoris avulsion injuries. *EFORT Open Rev.* 2020 Nov 13;5(11):828-34.
18. Orchard J. Intrinsic and extrinsic risk factors for muscle strains in Australian football. *Am J Sports Med.* 2001 May-Jun;29(3):300-3.
19. Hägglund M, Waldén M, Ekstrand J. Previous injury as a risk factor for injury in elite football: a prospective study over two consecutive seasons. *Br J Sports Med.* 2006 Sep;40(9):767-72.

20. Orchard J. The 'northern bias' for injuries in the Australian Football League. *Aust Turfgrass Manag* 2000;23:36–42.
21. Hody S, Croisier JL, Bury T, Rogister B, Leprince P. Eccentric Muscle Contractions: Risks and Benefits. *Front Physiol*. 2019 May 3;10:536.
22. Al Attar WSA, Soomro N, Sinclair PJ, Pappas E, Sanders RH. Effect of Injury Prevention Programs that Include the Nordic Hamstring Exercise on Hamstring Injury Rates in Soccer Players: A Systematic Review and Meta-Analysis. *Sports Med*. 2017 May;47(5):907-16.
23. Tsaklis P, Malliaropoulos N, Mendiguchia J, Korakakis V, Tsapralis K, Pyne D et al. Muscle and intensity based hamstring exercise classification in elite female track and field athletes: implications for exercise selection during rehabilitation. *Open Access J Sports Med*. 2015 Jun 26;6:209-17.
24. Neto WK, Soares EG, Vieira TL, Aguiar R, Chola TA, Sampaio VL et al. Gluteus Maximus Activation during Common Strength and Hypertrophy Exercises: A Systematic Review. *J Sports Sci Med*. 2020 Feb 24;19(1):195-203.
25. Torres G, Armada-Cortés E, Rueda J, San Juan AF, Navarro E. Comparison of Hamstrings and Quadriceps Muscle Activation in Male and Female Professional Soccer Players. *Appl Sci*. 2021;11(2):738.
26. Brughelli M, Mendiguchia J, Nosaka K, Idoate F, Arcos AL, Cronin J. Effects of eccentric exercise on optimum length of the knee flexors and extensors during the preseason in professional soccer players. *Phys Ther Sport*. 2010 May;11(2):50-5.
27. Alonso-Fernandez D, Abalo-Núñez R, Mateos-Padorno C, Martínez-Patiño MJ. Effects of eccentric exercise on the quadriceps architecture. *Sci sports*. 2020;36(1):60-7.

28. 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;40:10-8.
29. Torres G, Chorro D, Navandar A, Rueda J, Fernández L, Navarro E. Assessment of Hamstring: Quadriceps Coactivation without the Use of Maximum Voluntary Isometric Contraction. *Appl. Sci*. 2020; 10(5):1615.
30. 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.
31. Molina-Molina A, Ruiz-Malagón EJ, Carrillo-Pérez F, Roche-Seruendo LE, Damas M, Banos O et al. Validation of mDurance, A Wearable Surface Electromyography System for Muscle Activity Assessment. *Front Physiol*. 2020 Nov 27;11:606287.
32. Luc BA, Harkey MH, Arguelles GD, Blackburn JT, Ryan ED, Pietrosimone B. Measuring voluntary quadriceps activation: Effect of visual feedback and stimulus delivery. *J Electromyogr Kinesiol*. 2016 Feb;26:73-81.
33. De Luca CJ. The use of surface electromyography in biomechanics. *J Appl Biomech*. 1997;13(2):135-63.
34. Bourne MN, Williams MD, Opar DA, Al Najjar A, Kerr GK, Shield AJ. Impact of exercise selection on hamstring muscle activation. *Br J Sports Med*. 2017 Jul;51(13):1021-28.
35. Maroto-Izquierdo S, García-López D, Fernandez-Gonzalo R, Moreira OC, González-Gallego J, de Paz JA. Skeletal muscle functional and structural adaptations after eccentric overload flywheel resistance training: a systematic review and meta-analysis. *J Sci Med Sport*. 2017 Oct;20(10):943-51.

36. de Hoyo M, Pozzo M, Sañudo B, Carrasco L, Gonzalo-Skok O, Domínguez-Cobo S et al. Effects of a 10-week in-season eccentric-overload training program on muscle-injury prevention and performance in junior elite soccer players. *Int J Sports Physiol Perform.* 2015 Jan;10(1):46-52.
37. Navarro E, Chorro D, Torres G, Navandar A, Rueda J, Veiga S. Electromyographic activity of quadriceps and hamstrings of a professional football team during Bulgarian Squat and Lunge exercises. *J. Hum. Sport Exerc.* 2020 Apr 24; 1.
38. Farina D. Interpretation of the surface electromyogram in dynamic contractions. *Exerc Sport Sci Rev.* 2006 Jul;34(3):121-7.

