



**ESCUELA  
DE ENFERMERÍA  
Y FISIOTERAPIA**



**SAN JUAN DE DIOS**

**Grado en Fisioterapia**

**Trabajo Fin de Grado**

**Título:**

***Introducción del biofeedback con  
electromiografía de superficie sobre el  
incremento de fuerza en tiempo real en  
fisioterapia***

Alumno: Javier de Oro Rosa

Tutor: Néstor Pérez Mallada

**Madrid, 19 de abril de 2022**

## Tabla de contenido

Tabla de abreviaturas.....	4
Glosario de tablas y figuras .....	5
Tablas.....	5
Figuras .....	6
Resumen.....	7
Abstract.....	8
1.    Antecedentes y estado actual del tema .....	9
2.    Evaluación de la evidencia .....	18
Estrategias de búsqueda .....	19
Flujograma.....	21
3.    Objetivos del estudio .....	22
4.    Hipótesis.....	23
5.    Metodología.....	24
5.1    Diseño.....	24
5.2    Sujetos de estudio.....	26
5.3    Variables.....	29
5.4    Hipótesis operativa.....	30
5.5    Recogida, análisis de datos, contraste de la hipótesis.....	32
5.6    Limitaciones del estudio .....	34
5.7    Equipo investigador.....	34
6.    Plan de trabajo .....	35
6.1    Diseño de la intervención .....	35
6.2    Etapas de desarrollo .....	38
6.3    Distribución de tareas de todo el equipo investigador.....	39
6.4    Lugar de realización del proyecto.....	39
7.    Listado de referencias .....	40
ANEXO I .....	43
ANEXO II.....	49

ANEXO III.....	55
ANEXO VI.....	56
ANEXO V.....	58

## Tabla de abreviaturas

<b>ACV</b>	Accidente Cerebral Vascular
<b>BF</b>	Biofeedback
<b>CEIC/CEI</b>	Comité Ético de Investigación Clínica / Comité de Ética en Investigación
<b>CI</b>	Consentimiento Informado
<b>EMG</b>	Electromiografía
<b>EMGBF</b>	Biofeedback con electromiografía
<b>EMGs/sEMG</b>	Electromiografía de superficie
<b>EUEF</b>	Escuela Universitaria de Enfermería y Fisioterapia
<b>F1</b>	Fase 1
<b>F2</b>	Fase 2
<b>FB</b>	Feedback
<b>HIP</b>	Hoja de Información al Paciente
<b>LCA</b>	Ligamento Cruzado Anterior
<b>MVIC</b>	Máxima Contracción Isométrica Voluntaria
<b>ROM</b>	Rango de movimiento
<b>sEMGBF</b>	Biofeedback con electromiografía de superficie
<b>SENIAM</b>	“Surface ElectroMyoGraphy for the Non- Invasive Assesment of Muscles”
<b>V1</b>	Variable 1
<b>V2</b>	Variable 2
<b>VE</b>	Estimulo Verbal
<b>VFB</b>	Feedback Visual

## Glosario de tablas y figuras

### Tablas

<i>Tabla</i>	<i>Fuente</i>	<i>Página</i>
<i>Tabla 1. Términos utilizados en la evaluación de la evidencia</i>	Elaboración propia	18
<i>Tabla 2. Cálculo muestral. Nivel de significación (<math>\alpha</math>) y poder estadístico (<math>1-\beta</math>).</i>	Elaboración propia.	27
<i>Tabla 3. Variables.</i>	Elaboración propia.	30
<i>Tabla 4. Test a elegir en función de la variable y distribución.</i>	Elaboración propia.	33
<i>Tabla 5. Etapas de desarrollo.</i>	Elaboración propia.	39

## Figuras

<i>Figura</i>	<i>Fuente</i>	<i>Página</i>
<i>Figura 1. Ciclo del biofeedback.</i>	Elaboración propia	9
<i>Figura 2. Categorías del BF.</i>	Adaptado de Giggins et al 2013.	10
<i>Figura 3. Artículos encontrados y utilizados EBSCO</i>	Elaboración propia	19
<i>Figura 4. Artículos encontrados y utilizados PUBMED</i>	Elaboración propia	20
<i>Figura 5. Flujograma</i>	Elaboración propia	21
<i>Figura 6. Diseño del estudio</i>	Elaboración propia	24
<i>Figura 7. Dinamómetro Isocinético PRIMUS RS.</i>	BTE Technologies. Disponible en <a href="https://www.btetechnologies.com/rehabilitation/primus/">https://www.btetechnologies.com/rehabilitation/primus/</a>	24
<i>Figura 8. Electromiógrafo BTS FREEMG.</i>	BTS Engineering. Disponible en <a href="https://www.btsbioengineering.com/products/freemg/">https://www.btsbioengineering.com/products/freemg/</a>	25
<i>Figura 9. Sujetos de la muestra en el estudio y variables</i>	Elaboración propia	29
<i>Figura 10. Reparto de tiempos</i>	Elaboración propia	37
<i>Figura 11. Diseño de la intervención</i>	Elaboración propia	38

## Resumen

**Antecedentes:** El biofeedback con electromiografía de superficie se ha venido utilizando desde hace años en el campo de la neurología y la fisioterapia neurológica con muy buenos resultados, en especial en pacientes post accidente cerebrovascular. Además, es uno de los métodos de retroalimentación más estudiado en cuanto a la actividad muscular en combinación con planes de entrenamiento para el fortalecimiento de miembros inferiores. En cambio, no se ha encontrado suficiente evidencia de sus efectos en la fuerza a tiempo real.

**Objetivo:** Evaluar la efectividad del uso del biofeedback con electromiografía de superficie frente a no usarlo, en el tratamiento del incremento de fuerza en tiempo real.

**Hipótesis:** Es más efectivo el uso del biofeedback con electromiografía de superficie frente a no usarlo en el tratamiento del incremento de fuerza a tiempo real medido con dinamómetro isocinético.

**Variables:** Dependientes: Fuerza máxima isométrica de extensión de cuádriceps y fuerza máxima isocinética de extensión de cuádriceps a 60°/seg, medidas con dinamómetro isocinético. Independientes: Sexo, actividad muscular y efecto aprendizaje.

**Metodología:** Estudio experimental, analítico prospectivo. 104 sujetos tras el cálculo muestral, aleatorizados en dos grupos.

**Plan de trabajo:** Dos fases con las dos pruebas de fuerza cada fase. Grupo control ambas fases con protocolo habitual. Grupo experimental ambas fases con electromiografía de superficie, en la primera fase sin visualización y en la segunda fase con visualización y biofeedback. A ambos grupos se les aplica estímulo verbal.

**Palabras clave:** “Cuádriceps”, “Bio-retroalimentación”, “Electromiografía de superficie”, “Dinamometría isocinética”, “Fuerza máxima”

## Abstract

**Background:** Biofeedback with surface electromyography has been used for years in the field of neurology and neurological physiotherapy with very good results, especially in post-stroke patients. In addition, it is one of the most studied feedback methods in terms of muscle activity in combination with training plans for strengthening the lower limbs. In contrast, not enough evidence has been found for its effects on real-time strength.

**Objective:** To evaluate the effectiveness of the use of biofeedback with surface electromyography versus not using it, in the treatment of increased strength in real time.

**Hypothesis:** The use of biofeedback with surface electromyography is more effective than not using it in the treatment of the development of force in real time measured with an isokinetic dynamometer.

**Variables:** Dependent: Maximum isometric force of quadriceps extension and maximum isokinetic force of quadriceps extension at 60°/sec, measured with an isokinetic dynamometer. Independent: Sex, muscle activity and learning effect.

**Methodology:** Experimental, analytical prospective study. 104 subjects after sample calculation, randomized into two groups.

**Workplan:** Two phases with the two strength tests each phase. Control group both phases with usual protocol. Experimental group both phases with surface electromyography, in the first phase without visualization and in the second phase with visualization and biofeedback. Verbal stimulation is applied to both groups.

**Keywords:** “Quadriceps”, “Biofeedback”, “Surface electromyography”, “Isokinetic dynamometry”, “Maximum force”

## 1. Antecedentes y estado actual del tema

El “biofeedback” o la bio-retroalimentación, es el término utilizado para describir el proceso de proveer de información en tiempo real acerca de aquellos eventos fisiológicos que no pueden ser percibidos por el ser humano y que se encuentran bajo el control del sistema nervioso autónomo (1,2). Este término incluye todas aquellas técnicas a través de las cuales varios procesos del cuerpo pueden ser supervisados, registrados y controlados por el paciente gracias a equipo especializado. Los equipos pueden traducir la información recogida en señales visuales, auditivas y otras. Gracias a ello el paciente puede darse cuenta de estas funciones del sistema nervioso autónomo e intentar influir sobre ellas o controlarlas (3).

Es por lo anterior que el término bio-retroalimentación está muy ligado a los términos propiocepción, que se puede definir como aquella información que el sujeto recibe de su propio cuerpo, transmitida por los receptores conocidos como propioceptores y retroalimentación, que se puede definir como toda información que recibimos una vez ha tenido lugar una acción. Esta retroalimentación puede ser en tiempo real, es decir al mismo tiempo o puede ser posterior a la acción (1,4).

Este fenómeno se suele representar mediante un esquema en el cual, una acción inicial se registra por un instrumento, que recoge una señal, la procesa y genera unos datos que sirven para que el cerebro pueda realizar cambios y la acción inicial sea modificada. (Ver Figura 1)



Figura 1. Ciclo del biofeedback. Elaboración propia.

Se considera que esta acción es biofeedback cuando la señal proviene de cambios fisiológicos no perceptibles por el ser humano, por ejemplo, la fuerza, la temperatura, la actividad cerebral, el pulso cardíaco (5).

Durante los dos últimos siglos se han venido estudiando los efectos de la propiocepción, o en inglés “proprioception” y la retroalimentación o “feedback” sobre el organismo, apareciendo los primeros estudios haciendo referencia a estos términos en torno a principios del siglo XX, siendo los últimos 20 años donde más estudios se han realizado.

Es a principios de la segunda mitad del siglo XX cuando comienzan a aparecer los primeros estudios que incluían el término “biofeedback” en su desarrollo, centrándose estos específicamente en la neuropsicología (6-8). A partir de la década de los 70 aparecen los primeros artículos que hablan del biofeedback aplicado a la recuperación funcional y el movimiento de las personas (9-11).

Algunas de las aplicaciones del biofeedback (BF) que se han venido estudiando son: el uso del encefalograma para tratamientos neuropsicológicos; su uso en tratamientos del insomnio, la ansiedad y el estrés; y la aplicación de electromiografía para la relajación muscular y de la tensión, tratamiento de cefaleas tensionales y migrañas y programas de entrenamiento y de fuerza en pacientes con afectación neurológica y muscular (12).

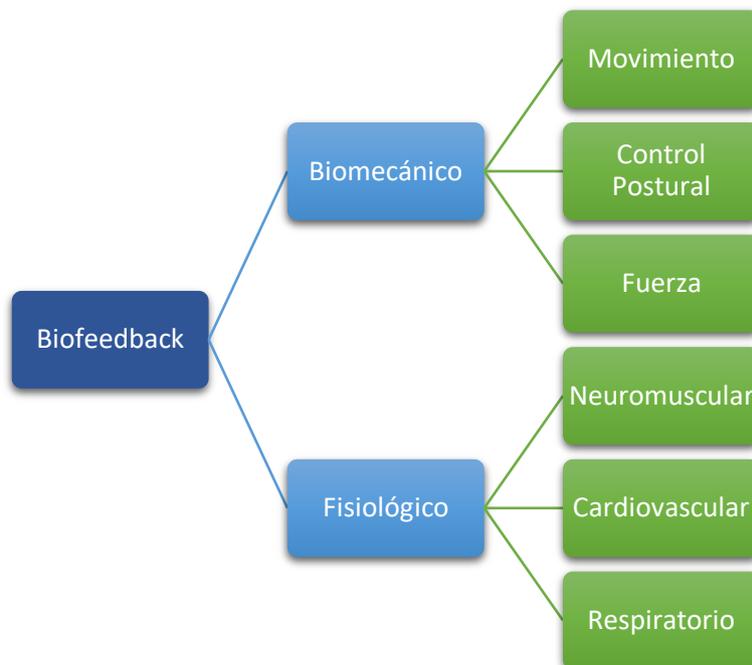


Figura 2. Categorías del BF. Adaptado de Giggins et al 2013. (4).

En fisioterapia el BF puede adquirir dos categorías de uso: un uso fisiológico, centrado sobre todo en los sistemas neuromuscular, respiratorio y cardiovascular; y un uso biomecánico, centrado en el movimiento, el control postural y la fuerza (4)(Figura 2).

Es en fisioterapia neurológica donde más estudios del BF se han llevado a cabo durante los últimos años, empleando para ello de manera más común el biofeedback mediante la electromiografía (EMGBF). Hablamos de EMGBF cuando el paciente recibe las señales del equipo y es capaz de modificar la tensión muscular (3).

La electromiografía (EMG) es una forma de BF específica que utiliza electrodos para medir la actividad muscular y el número o porcentaje de fibras musculares reclutadas para un determinado movimiento (13). Esta actividad se recoge a través de los electrodos y es registrada en un electromiógrafo. Las señales registradas pueden ser convertidas a su vez en señales auditivas, visuales u otro tipo de señal, representando individualmente la contracción muscular y cuantificando el evento fisiológico (3,14). Los electrodos que utiliza pueden aplicarse de manera superficial cuando los grupos musculares son superficiales o subcutánea mediante agujas si se dirige a musculatura profunda (3,8).

En la actualidad, el EMGBF es la técnica de BF más estudiada, siendo sobre todo el biofeedback con electromiografía de superficie (sEMGBF). Sus aplicaciones son numerosas, aunque la mayor parte de los estudios se centran en programas de fortalecimiento muscular tanto a nivel neurológico; como por ejemplo lesiones medulares, accidentes cerebrovasculares (ACV), hemiplejias o disfagias; como afectaciones de suelo pélvico e incontinencia urinaria y fecal; como en tratamientos de dolor crónico (8,12,15,16).

El EMGBF ha demostrado ser un método ideal para el incremento de los niveles de activación muscular y el desarrollo de la coordinación neuromuscular. En fisioterapia neurológica, el EMGBF puede ser útil para incrementar la actividad muscular de un músculo débil o afectado neurológicamente incluyendo la facilitación y la reducción del tono en la espasticidad (4). En algunos casos, como en pacientes hemipléjicos post-ACV el sEMGBF ha resultado ser incluso más efectivo que la fisioterapia convencional, siendo prácticamente esencial en el tratamiento de alteraciones musculares causados por un ACV (17). Es muy útil para el incremento de la función motora en pacientes neurológicos a corto plazo, pues algunos estudios, demuestran efectos a las seis semanas de empezar su uso, aunque aún falta evidencia de sus efectos a largo plazo (18).

Además, ha demostrado ser más eficaz en la producción de resultados frente a tratamientos que no usan BF de manera significativa (19). Algunos autores se han centrado en los efectos que tiene el EMGBF sobre la reeducación y la fuerza musculares en pacientes hemipléjicos, como pueden ser los trabajos de Basmajian et al 1975 y sus trabajos sucesivos (16). También ha demostrado incrementos significativos en la recuperación de patología de la rodilla, determinadas intervenciones quirúrgicas que requieren un aumento inmediato del rango de movimiento (ROM); como intervenciones de rodilla, codo, cadera, tobillo, etc., y un mejor control y coordinación neuromusculares (20,21).

El biofeedback, como su nombre indica es un tipo de feedback (FB). Este FB trata de información sensorial, que además de lo anteriormente expuesto, interviene en la modulación y el control de la contracción muscular (22). Puede ser mediante información, también llamada estímulo; visual, táctil, auditiva u otro tipo de información que sea proporcionada que puede ayudar en el aprendizaje y la mejora del proceso de rehabilitación (23).

En el caso de la contracción muscular, el FB se basa en la retroalimentación sensorial tanto propioceptiva como exteroceptiva. Por un lado, los músculos, aponeurosis y receptores tendinosos como los órganos tendinosos de Golgi, dan información propioceptiva en tiempo real, mientras que la visión y la presión son los componentes sensoriales básicos para la modulación de fuerza. En el caso de la visión para tareas visomotoras, el FB actúa desde las áreas parietales y premotoras del cerebro, pasando por los ganglios basales y el cerebelo (22). Esto ha llevado a algunos autores a analizar el efecto de FB visual y el EMGBF sobre las vías corticomotoras (2).

Croce et al 1986 ya señalaba en su estudio que los estímulos auditivo y visual pueden suponer para los sujetos una mayor motivación a la hora de realizar una tarea de fuerza (19). Además, está muy extendido el uso del FB visual y el estímulo verbal o "verbal encouragement" para motivar a los sujetos durante las mediciones de acciones musculares isocinéticas (24).

Estudios como los de Brown et al 1981 encontraron que los sujetos que entrenaban usando feedback visual (VFB) mostraban un 20% más de incremento en la fuerza frente al grupo control. Otros como el de Kim et al 1997, señalan que aun encontrándose un gran aumento del momento de fuerza frente al grupo control, la efectividad del VFB era limitada a las primeras repeticiones de la tarea. Conforme las repeticiones avanzaban la efectividad decrecía haciendo que el momento de fuerza se estabilizara, no encontrándose diferencias entre series en el grupo experimental (25).

Uno de los grupos musculares más estudiados en cuanto al VFB (26), la fuerza y la sEMGBF es el cuádriceps, ya que cualquier alteración en este grupo muscular puede alterar la marcha y el movimiento. Además, es el que más estudios concentra por su relación con la patología de rodilla. Estudiar los efectos de la fuerza sobre este grupo muscular ha permitido conocer más a fondo su funcionamiento, actividad muscular y su biomecánica (14).

Campenella et al 2000, estudió el efecto del VFB y el estímulo verbal (VE) sobre el momento de fuerza en la contracción concéntrica de los cuádriceps y la musculatura isquiotibial en hombres y mujeres. Durante su estudio, señala que el BF vía VFB o FB verbal y la combinación de estos dos ha demostrado incrementar los resultados del momento de fuerza. Además, señala que varios estudios han demostrado el potencial del VFB para el incremento del esfuerzo durante el ejercicio terapéutico, además de incrementar los niveles máximos del momento de fuerza. También habla de estudios que han demostrado un incremento del 12% del momento máximo de fuerza en cuádriceps e isquiotibiales medido a 15°/seg, no siendo así cuando se mide a 300°/seg. Otros estudios dentro de este señalan que se produce un incremento de 6% a 60°/seg y un 3% cuando se hace a 180°/seg. Por otro lado, hace referencia a que el FB verbal empleado como protocolo cuando se realiza un test isométrico, isotónico e isocinético o se entrena, ha demostrado incrementar el pico máximo del momento de fuerza en un 5%, mientras que el rendimiento podía incrementarse en un 39% a costa de una fatiga temprana durante un ejercicio de test isométrico. Los resultados de este estudio indicaron que existían diferencias significativas en la fuerza de los cuádriceps y los isquiotibiales cuando se combinaban VFB con FB verbal frente a no realizarlo (27).

Por otro lado, O'Sullivan et al 2008, siguiendo estudios similares a los de Campenella et al 2000, encontró resultados positivos acerca de que la combinación del VFB con el estímulo verbal (VE), puede llevar a importantes incrementos en el desarrollo de la fuerza en cuádriceps e isquiotibiales a tres velocidades: 60, 180 y 300°/seg en mujeres sanas en contracciones concéntricas isocinéticas. Los resultados de su estudio mostraron que el momento de fuerza máxima aumentaba cuando se aplicaba el VFB frente a cuando no se hacía entre un 13 y un 26% en el cuádriceps (24).

Mientras tanto, Greig et al 2014, señala en su estudio que cuando la máxima fuerza se produce a bajas velocidades, los sujetos pueden ser más conscientes del control de movimiento. Pone énfasis en que las instrucciones dadas (VE) muestran un mayor impacto en la producción de fuerza. A su vez, destaca que cuando el movimiento que

se produce es a altas velocidades y dura menos de un segundo no se encuentran beneficios en cuanto al VE (28).

En su artículo Weon et al 2011, demuestran que el VFB puede incrementar la actividad del trapecio superior durante una máxima contracción isométrica voluntaria (MVIC) en un 2.3%, mientras que en el serrato anterior hasta un 5.9% en la flexión de hombro. Su estudio demuestra que el VFB en tiempo real puede ser usado para mejorar el movimiento de la escapula en una flexión de hombro en pacientes con escapula alada (29).

Siguiendo la línea del anterior, el estudio de Wan-Yu et al 2020, demuestra que la combinación del entrenamiento con sEMGBF y el VFB mediante video es efectivo para el incremento de la actividad muscular, y pone de manifiesto que el sEMGBF es mejor en el incremento de la actividad muscular frente al video incrementando en entre un 4.2% y un 18.1% de actividad durante una máxima contracción isométrica voluntaria en elevación de hombro (30).

El sEMGBF ha dado muy buenos resultados en cuanto a la fuerza del cuádriceps, su activación y su secuencia de activación con el resto de grupos musculares, así como en la recuperación y vuelta a la funcionalidad en pacientes con rotura de ligamento cruzado anterior, osteoartritis de rodilla o patología meniscal, con las que el cuádriceps guarda estrecha relación (14).

Algunos artículos como el de Croce 1986, ya relacionaban el uso del biofeedback con la electromiografía integrada en la ganancia de fuerza en programas de entrenamientos de fuerza. En su estudio hace una comparación entre tres grupos: uno al que aplica BF, otro al que administra un placebo y otro al que no administra ningún tipo de feedback. Los resultados de su estudio son medidos mediante un dinamómetro isocinético a una velocidad de 30 grados por segundo (30°/seg) utilizado en un programa de fuerza en grupos de universitarios. El diseño del programa se basaba en entrenamiento de la fuerza del cuádriceps con un ejercicio de extensión de la pierna en un dinamómetro isocinético. Los resultados obtenidos fueron esperanzadores, ya que se apreciaba un incremento en el momento de fuerza de un 41.7% en el grupo que entrenaba con BF mientras que en el grupo 2 y 3 solo había incrementado un 28.8% y un 27.6% respectivamente. También se media la activación muscular, encontrándose que el grupo de BF había incrementado un 18.7% mientras que los otros grupos solo un 13.6% y un 11.7% respectivamente (19).

El trabajo de Draper et al 1991, hace una comparación entre la electroestimulación y el EMGBF en la recuperación de la función del cuádriceps tras una cirugía de ligamento

cruzado anterior (LCA). Los resultados mostraron que un 46.4% de los sujetos que habían tenido el EMGBF durante el entrenamiento de fuerza habían recuperado el momento de fuerza al término del estudio frente al 37.9% de los que usaban la electroestimulación. Los autores del estudio lo atribuyen a los cambios asociados en la activación de la motoneurona y el aprendizaje motor; y a los cambios morfológicos como resultado de la hipertrofia. Además, señalan que el EMGBF requiere de la búsqueda por parte del sujeto de estrategias motoras, sumado a la contracción voluntaria y el inicio del movimiento (31).

En comparación, Yilmaz et al 2010 trabajó en un estudio que analizaba la eficacia del EMGBF en la osteoartritis de rodilla. En él se utilizó un dinamómetro isocinético midiendo la fuerza isocinética a 60°/seg y a 180°/seg y la fuerza isométrica del cuádriceps medida a 65° de flexión de rodilla. En los resultados no se apreciaron diferencias estadísticamente significativas entre el grupo control y el grupo de aplicación del EMGBF (32).

El trabajo de Pietrosimone et al 2014 estudió la excitabilidad corticomotora en el cuádriceps durante la intervención con EMGBF. En él hipotetiza acerca de que una de las razones por las cuales la función del músculo incrementa con el uso del EMGBF es por el incremento en la excitabilidad de las vías neurales descendentes asociadas a los centros de control de la activación muscular voluntaria en el cerebro. Destaca que los efectos más fuertes del uso de EMGBF en el ejercicio terapéutico han sido en osteoartritis de rodilla, dolor anterior en la rodilla, dolor femoropatelar y adultos sanos, y se piensa que puede tener que ver con un defecto en la actividad neuromuscular que mantienen la debilidad en los pacientes con inhibición neuromuscular. El estudio analiza la activación de estas vías durante la realización de las tareas determinadas con el uso de EMGBF. Concluye con que el EMGBF produce incrementos inmediatos en los potenciales motores evocados durante una máxima contracción isométrica voluntaria (MVIC) frente a esta sin el uso de la EMGBF, por lo que determina que el uso del EMGBF es efectivo para el incremento de la excitabilidad corticomotora (2).

Hu et al 2010 hace una comparación entre dos grupos experimentales aplicando sEMGBF a la vez que se solicitaba un 10% o un 40% de una contracción máxima voluntaria de los dedos de ambas manos. Su estudio demostró que hay relación entre la información recibida durante la tarea y el nivel de fuerza empleado, siendo menor la variación de fuerza cuanto menor es el VFB (33).

Por su parte Limonta et al 2015 en su estudio, siguiendo la línea del anterior, demostraron que existían diferencias significativas en la activación muscular del

cuádriceps cuando no existía apoyo del sEMGBF en contracciones máximas voluntarias (MVC). El grupo que no recibía ayuda del FB presentaba contracciones más intensas y picos de fuerza más agudos que cuando se daba FB, siendo más complicado alcanzar el objetivo de la tarea. Por otro lado, señalan, que el mantenimiento de la fuerza y activación musculares era más sencillo de mantener cuando se proveía del sEMGBF. Aun así, concluyen que, incluso en ausencia completa de VFB durante una contracción isométrica, existe información propioceptiva y exteroceptiva capaz de compensar la ausencia de VFB en el control de la fuerza (22).

Eid et al 2016 evalúa en su estudio el efecto del entrenamiento con sEMGBF en el dolor, la fuerza muscular del cuádriceps y la habilidad funcional en la artritis reumatoide juvenil. El diseño de su estudio consta de la realización de ejercicios guiados con EMGBF tres veces por semana durante doce semanas. Las variables son medidas antes, pasadas seis semanas y a las doce semanas. La fuerza muscular del cuádriceps se mide en ambas piernas mediante un dinamómetro isocinético en un test isocinético a 120°/seg. La posición de los sujetos era sentada con las caderas en flexión de 110 grados y la rodilla en flexión de 90 grados. Los hallazgos del estudio fueron que el sEMGBF mejoró todas las variables medidas. En relación con la fuerza muscular del cuádriceps se encontró un mayor incremento en el pico máximo de fuerza (3).

El trabajo de Nimphius et al 2019, examina las diferencias en la fuerza muscular entre hombres y mujeres en cuanto a la activación muscular de los cuádriceps y los isquiotibiales durante una sentadilla isométrica. Aunque a priori, la diferencia entre los marcadores de fuerza planteados en el estudio es algo menor del 10% no se encontraron diferencias en cuanto a la activación muscular durante la sentadilla entre hombres y mujeres. Sin embargo, si se encontraron diferencias entre hombres y mujeres en el desarrollo del momento de fuerza durante la extensión y la flexión de rodilla (34).

Guo et al 2021 estudió el efecto del entrenamiento con EMGBF en la función motora del cuádriceps en pacientes con lesión medular incompleta. A lo largo de su estudio habla de la importancia de la fuerza muscular en pacientes con lesión medular incompleta y como ello puede ayudar en la capacidad ambulatoria. Asimismo, destaca que el EMGBF puede ayudar a incrementar la fuerza muscular y aliviar el dolor. También destaca que existen muy pocos artículos que relacionen el cuádriceps y las lesiones medulares incompletas. Por otro lado, pone de manifiesto estudios que han

demostrado que el entrenamiento con BF es un método efectivo para favorecer el aprendizaje motor, el control y favorece la recuperación y rehabilitación de la parálisis. Los resultados de su estudio fueron que en todas las mediciones realizadas había diferencias significativas entre el grupo de la intervención y el grupo control en la fuerza del cuádriceps. Concluye su estudio defendiendo que el entrenamiento con EMGBF puede incrementar considerablemente la fuerza del cuádriceps, ya que rápidamente se observaron sus efectos en esta tras la intervención (35).

Todos los estudios encontrados hablan sobre el uso del EMGBF en programas de entrenamiento o fortalecimiento, sin embargo, no se han encontrado estudios que hablen del efecto del EMGBF o el sEMGBF sobre la fuerza muscular en tiempo real.

## 2. Evaluación de la evidencia

Para llevar a cabo la evaluación de la evidencia se han empleado los términos más cercanos a la pregunta de investigación PICO, guardando relación con las palabras claves utilizadas.

Las palabras clave en relación a los términos empleados son: Biofeedback, electromiografía de superficie, cuádriceps, contracción, fuerza, fisioterapia y ejercicio terapéutico.

Los términos empleados tras la búsqueda de tesauros en DeCS, MeSH y términos libres han sido:

<b>Español</b>	<b>Termino Libre</b>	<b>MeSH</b>	<b>DeCS</b>
<b>Bio - retroalimentación</b>	Biofeedback	Biofeedback, Psychology	Biofeedback, Psychology
<b>Retroalimentación Visual</b>	Visual Feedback	Feedback, Sensory	Feedback, Sensory
<b>Retroalimentación</b>	Feedback	Feedback / Feedback, Sensory	Feedback / Feedback, Sensory
<b>Electromiografía de Superficie EMGs</b>	Surface Electromyography / EMGs / sEMG	Electromyography	Electromyography
<b>Dinamometría</b>	Dynamometer / Dynamometry	Muscle Strength Dynamometer	Muscle Strength Dynamometer
<b>Torque</b>	Torque	Torque	Torque
<b>Fisioterapia</b>	Physical Therapy	Physical Therapy Modalities / Physical Therapy Specialty / Physical Therapy Department	Physical Therapy Modalities / Physical Therapy Specialty / Physical Therapy Department
<b>Ejercicio terapéutico</b>	Exercise Therapy	Exercise Therapy	Exercise Therapy
<b>Contracción muscular</b>	Muscle contraction	Muscle contraction	Muscle contraction
<b>Fuerza muscular</b>	Muscle Strength	Muscle Strength	Muscle Strength
<b>Medicina deportiva</b>	Sports Medicine	Sports Medicine	Sports Medicine

Tabla 1. Términos utilizados en la evaluación de la evidencia. Elaboración propia

## Estrategias de búsqueda

Para la estrategia de búsqueda a día 18 de enero de 2022 se han empleado las siguientes bases de datos: EBSCO y Pubmed (MEDLINE) a fin de examinar la evidencia científica actual sobre el tema de la pregunta de investigación.

### EBSCO

Se ha realizado la búsqueda a través del portal EBSCO en las siguientes bases de datos: CINAHL Complete, MEDLINE Complete, E-Journals y Academic Search Complete.

Para realizarla se han utilizado en su totalidad los términos libres mencionados anteriormente, combinados con los operadores "AND" y "OR". En aquellas búsquedas en las que los resultados obtenidos han sido muy elevados ( $N > 150$ ), se han utilizado limitadores de fecha de publicación: "2011 – 2021 ó 2016 – 2021 si los resultados seguían siendo elevados".

Por otro lado, EBSCO descarta los resultados repetidos dentro de la misma estrategia de búsqueda por lo que los resultados obtenidos en algunos casos han sido mayores que los resultados mostrados.

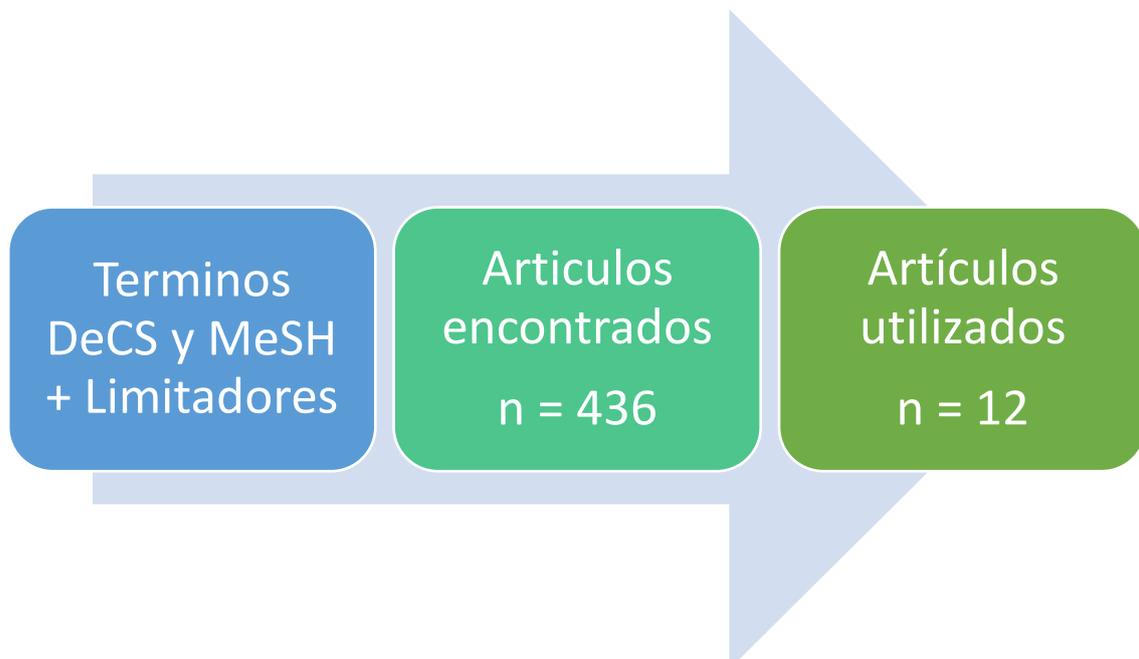


Figura 3. Artículos encontrados y utilizados EBSCO. Elaboración propia.

## PUBMED

Se ha realizado la búsqueda a través del portal Pubmed y que muestra los resultados de la base de datos MEDLINE.

Para llevar a cabo la búsqueda se han utilizado los términos MeSH y los términos libres pertenecientes al término “Electromiografía de Superficie” a fin de acotar la búsqueda. En aquellas búsquedas en que los resultados obtenidos han sido elevados ( $N > 150$ ), se han utilizado parte o el total de los filtros siguientes hasta obtener una cantidad de artículos aceptable ( $N < 150$ ): **“from 2011 – 2021”**, **“Humans”**, **“English”**, **“Spanish”**, **“Clinical Trial”**, **“Adult: 19-44 years”**, **“Middle Aged: 45-64 years”** y **“Young Adult: 12-24 years”**.

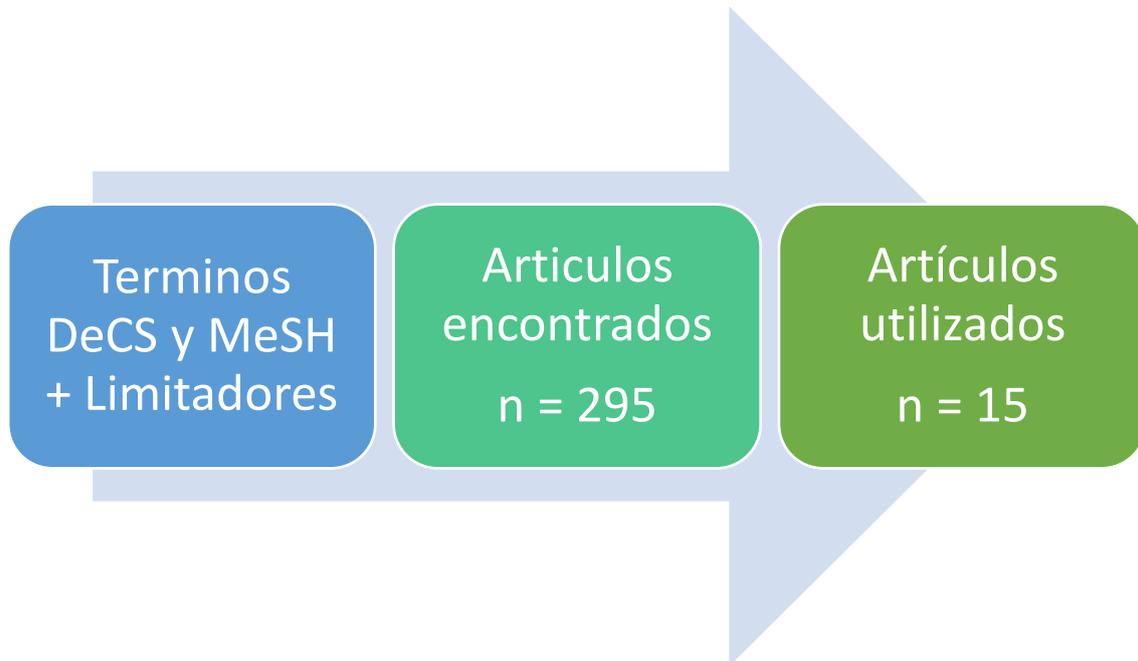


Figura 4. Artículos encontrados y utilizados PUBMED. Elaboración propia.

## Flujograma

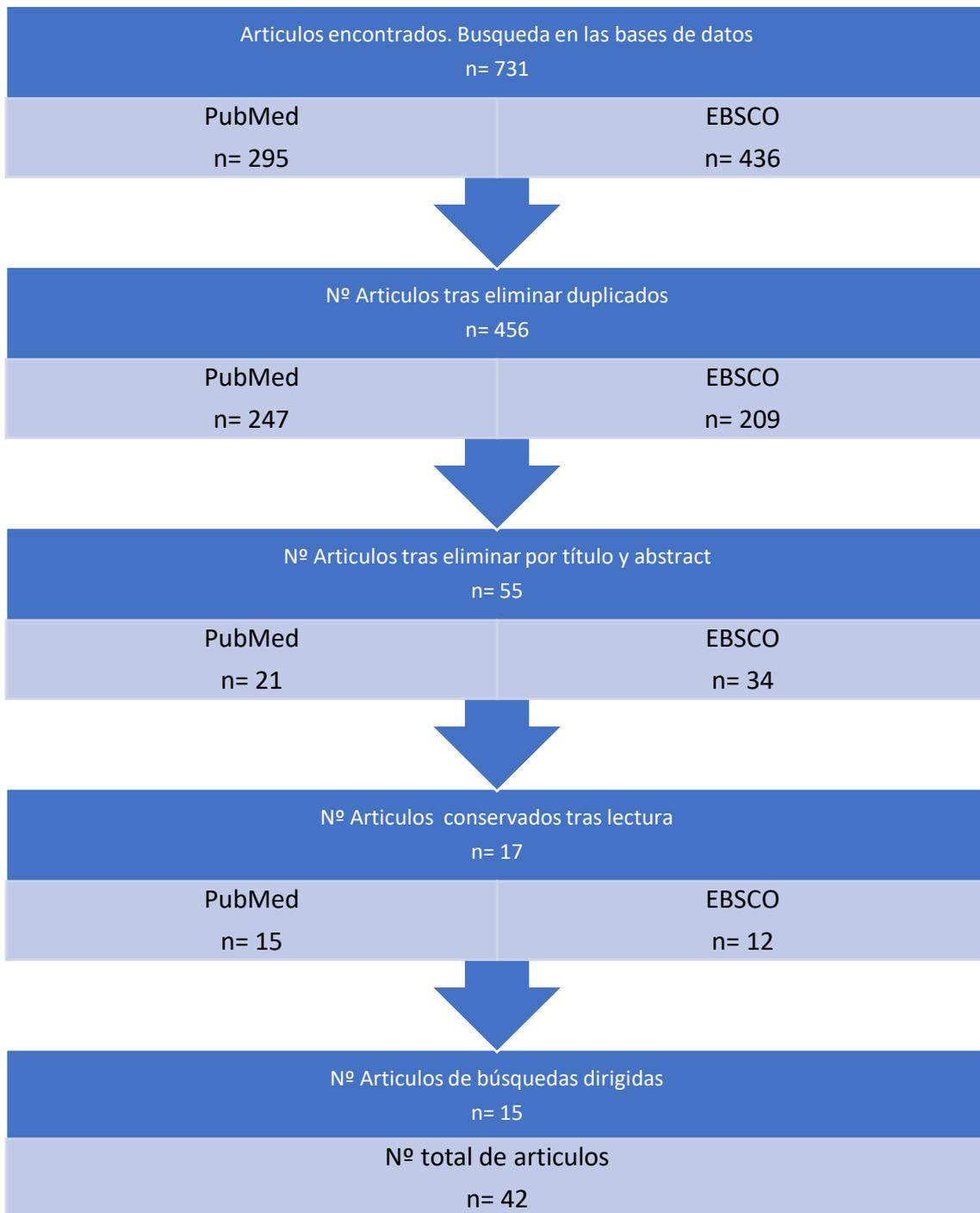


Figura 5. Flujograma.

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

**Objetivo general:** Evaluar la efectividad del uso del biofeedback con electromiografía de superficie frente a no usarlo, en el tratamiento del incremento de fuerza en tiempo real.

**Objetivos específicos:**

- Evaluar la efectividad del uso del biofeedback con electromiografía de superficie frente a no usarlo, en el incremento de la fuerza máxima isométrica en tiempo real medido con dinamómetro isocinético.
- Evaluar la efectividad del uso del biofeedback con electromiografía de superficie frente a no usarlo, en el incremento de la fuerza máxima isocinética en tiempo real medido con dinamómetro isocinético a 60°/seg.
- Evaluar si existen diferencias entre hombres y mujeres en el uso del biofeedback con electromiografía de superficie frente a no usarlo, en el incremento de la fuerza máxima isométrica en tiempo real medido con dinamómetro isocinético.
- Evaluar si existen diferencias entre hombres y mujeres en el uso del biofeedback con electromiografía de superficie frente a no usarlo, en el incremento de la fuerza máxima isocinética en tiempo real medido con dinamómetro isocinético a 60°/seg.
- Comparar la fuerza del grupo control en la segunda medición respecto la primera para comprobar el efecto aprendizaje en la variable fuerza máxima tras el uso del dinamómetro isocinético en las pruebas de fuerza isométrica y fuerza isocinética medida a 60°/seg.

#### **4. Hipótesis**

Es más efectivo el uso del biofeedback con electromiografía de superficie frente a no usarlo en el tratamiento del incremento de fuerza a tiempo real medido con dinamómetro isocinético.

## 5. Metodología

### 5.1 Diseño

Se va a llevar a cabo un estudio analítico experimental prospectivo en relación con dos grupos de estudio; un grupo control y un grupo experimental, con aleatorización de la muestra. Se trata, por tanto, de un estudio clínico experimental donde se realizará una asignación aleatoria a los participantes para saber a qué grupo van a pertenecer.

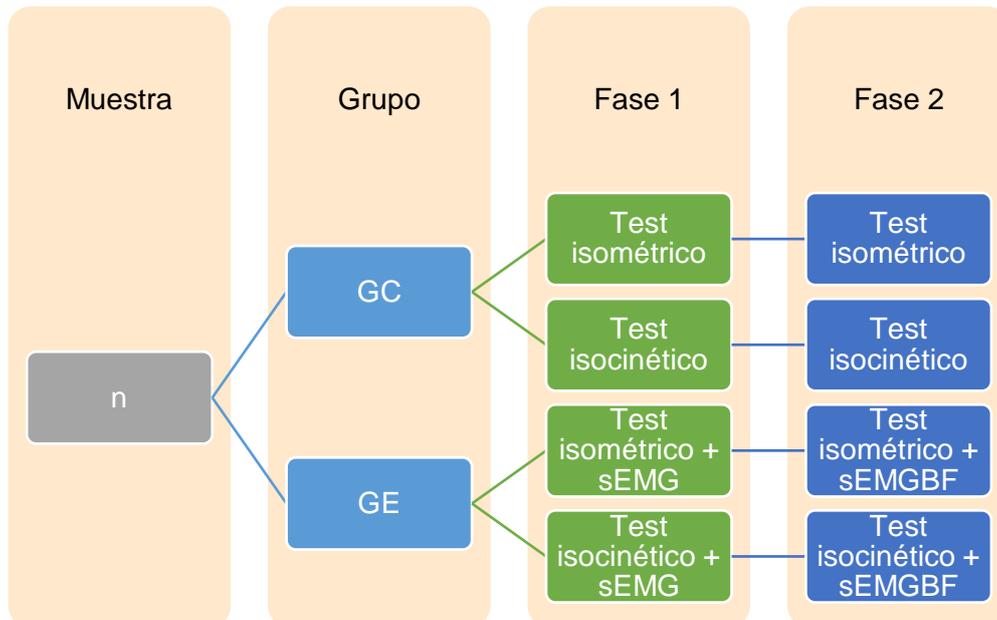


Figura 6. Diseño del estudio. Elaboración propia.

Las mediciones del estudio se realizarán sobre la extensión de rodilla, centrándose exclusivamente en el cuádriceps y se llevarán a cabo en dos fases, consistentes en dos pruebas cada fase: una prueba de fuerza isométrica y otra prueba de fuerza isocinética a 60°/seg, medidas ambas con un dinamómetro isocinético PRIMUS RS de la empresa BTE Technologies (Figura 7).



Figura 7. Dinamómetro Isocinético PRIMUS RS. BTE Technologies.  
Disponible en <https://www.btechnologies.com/rehabilitation/primus/>

El grupo control (GC), sin intervención, realizará ambas fases a fin de comprobar el efecto aprendizaje que se haya podido producir en el uso del dinamómetro entre las fases primera (F1) y segunda (F2).

El grupo experimental (GE), llevará a cabo ambas fases haciendo uso de un electromiógrafo FREEMG de la marca BTS Bioengineering, pero solo recibirá la intervención del sEMGBF en la segunda fase. (Figura 8)



Figura 8 Electromiógrafo BTS FREEMG. Disponible en <https://www.btsbioengineering.com/products/freemg/>

Además, las pruebas serán realizadas introduciendo un estímulo verbal, para todos los participantes, procedente de una grabación de voz realizada previamente, a fin de que los participantes obtengan el mismo estímulo verbal y evitar sesgos.

No será posible realizar un enmascaramiento del estudio ya que es necesario que el grupo experimental sepa cuál es la intervención y cómo debe realizar la tarea. Asimismo, el investigador debe conocer la intervención a aplicar.

Para llevar a cabo el estudio se contará con la aprobación del antiguo “Comité Ético de Investigación Clínica” (CEIC) y actual “Comité de Ética de la Investigación” (CEI) del hospital correspondiente. El estudio se efectuará respetando y cumpliendo con todos los aspectos ético que se derivan de la Declaración de Helsinki aprobada por la Asamblea Médica Mundial en 1964.

Además, se ha de proporcionar a cada sujeto una hoja de información al paciente (HIP) (Anexo II) donde quedarán reflejados todos los objetivos, métodos, beneficios, peligros y demás consecuencias que se puedan derivar de su participación en dicho estudio. El estudio contará además con una hoja de consentimiento informado (CI) (Anexo II). Ambas hojas han de ser firmadas por los sujetos del estudio, pudiendo retirar su consentimiento en cualquier momento debiendo firmar para ello la revocación de consentimiento (Anexo II).

En base a la Ley de Protección de Datos y Derechos ARCO, de acceso, rectificación, cancelación y oposición (Ley 15/1999 del 13 de diciembre) y actualizada por la Ley Orgánica 3/2018, del 5 de diciembre, de Protección de Datos Personales y garantía de los derechos digitales, se garantizará la protección de los datos y la anonimización de los mismos, de los sujetos que participen en el estudio, empleando para ello dos bases de datos, una con toda la información personal, únicamente accesible por el investigador principal y otra con los códigos de identificación de los sujetos, sin datos personales y mostrando únicamente los datos del estudio.

## **5.2 Sujetos de estudio**

En este caso nuestra población diana, es decir, la población hacia la que deseamos generalizar los resultados es la misma que la población de estudio, es decir, son sujetos sanos que cumplan con el conjunto de los criterios de inclusión y que no reúnan ninguno de los criterios de exclusión del estudio.

### Los criterios de inclusión son:

- Tener más de 18 años y menos de 65 años.
- Estar sano.

### Los criterios de exclusión son:

- Padecer o haber padecido de patología de rodilla recientemente (plazo inferior a un año).
- Haber sido intervenido quirúrgicamente de miembro inferior recientemente (plazo inferior a un año).
- Padecer amputaciones de las extremidades de miembros inferiores.
- Padecer discapacidad mental o afección psíquica, que impida el entendimiento de órdenes sencillas y/o complejas.
- Padecer fracturas recientes en miembros o enfermedades óseas o degenerativas.
- Padecer alteraciones musculares o neuromusculares.
- Estar en tratamiento farmacológico para el estrés, migraña o depresión.
- Estar en tratamiento farmacológico mediante relajantes musculares.
- Padecer dolor.

Para acceder a esta población se solicitará la colaboración de los estudiantes de la Escuela Universitaria de Enfermería y Fisioterapia EUEF “San Juan de Dios” Ciempozuelos, Madrid, por lo que se llevará a cabo un muestreo no probabilístico por conveniencia y/o bola de nieve, pudiendo acceder al estudio todas las personas que lo deseen y que cumplan con los criterios antes expuestos, no teniendo la obligación de ser estudiantes de la escuela, hasta completar la muestra.

### Tamaño de la muestra:

Para que la muestra sea lo más representativa posible y se puedan extrapolar los resultados se llevará a cabo el cálculo del tamaño muestral a partir de datos extraídos de estudios anteriores que utilizan las mismas variables dependientes.

Para su cálculo se va a utilizar la fórmula de contraste de hipótesis y comparación de medias siguiente:

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

n: tamaño de la muestra.

SD: Desviación típica.

d: precisión (amplitud del intervalo de confianza).

La “K” se trata de un parámetro dependiente del nivel de significación y del poder estadístico, determinado por la siguiente tabla.

<b>Poder estadístico (1-β)</b>	<b>Nivel de significación (α)</b>		
	5%	1%	0.10%
80%	7.8	11.7	17.1
90%	10.5	14.9	20.9
95%	13	17.8	24.3
99%	18.4	24.1	31.6

Tabla 2. Cálculo muestral. Nivel de significación (α) y poder estadístico (1-β). Elaboración propia

Para este estudio se va a utilizar el mismo valor que el establecido por consenso; que estima un nivel de significación de 0.05, es decir un 5% y un poder estadístico del 0.80, es decir un 80%. Por tanto, el valor de “K” será 7.8.

Al resultado de “n” se le deberá multiplicar por dos, ya que el estudio tendrá dos grupos: un grupo control y un grupo experimental, y se añadirá un 10% de sujetos en previsión de posibles pérdidas durante el desarrollo del estudio. Los sujetos deben ser unidades completas, es decir, sin decimales, por tanto, se redondeará siempre al alza a fin de que la muestra sea lo más representativa posible.

Los datos necesarios para el cálculo muestral de la variable fuerza máxima isométrica en el cuádriceps se van a extraer del estudio de Nimphius et al 2019 “Comparison of Quadriceps and Hamstring Muscle Activity during an Isometric Squat between Strength-Matched Men and Women” (34)

	Men (n = 16)		Women (n = 16)		p	d
	Mean ± SD	(95%CI)	Mean ± SD	(95%CI)		
IS force (N)*	2660 ± 618	(2331-2989)	2219 ± 533	(1935-2503)	0.039	0.76
Normalized IS to BW	3.39 ± 0.68	(3.03-3.75)	3.38 ± 0.80	(2.95-3.81)	0.981	0.01
Normalized IS to lean BW	4.31 ± 0.87	(3.85-4.77)	4.69 ± 0.97	(4.16-5.20)	0.261	-0.41
IKF torque (N·m)*	180.4 ± 29.4	(164.8-196.1)	130.4 ± 27.0	(116.0-144.8)	≤ 0.001	1.77
Normalized IKF to BM (Nm·kg <sup>-1</sup> )*	2.28 ± 0.24	(2.15-2.41)	1.98 ± 0.44	(1.74-2.21)	0.023	0.85
Normalized IKF to thigh LM (Nm·kg <sup>-1</sup> )	20.7 ± 2.5	(19.3-22.0)	19.5 ± 5.7	(16.5-22.6)	0.531	0.25
IKE torque (N·m)*	290.8 ± 63.9	(256.8-324.9)	210.6 ± 40.3	(189.1-232.0)	≤ 0.001	1.50
Normalized IKE to BM (Nm·kg <sup>-1</sup> )	3.70 ± 0.79	(3.28-4.13)	3.21 ± 0.70	(2.83-3.58)	0.072	0.66
Normalized IKE to thigh LM (Nm·kg <sup>-1</sup> )	33.3 ± 6.4	(29.9-36.7)	31.6 ± 9.2	(26.7-36.5)	0.480	0.22
Ratio of H:Q Isometric Torque	0.64 ± 0.14	(0.57-0.72)	0.63 ± 0.16	(0.55-0.72)	0.869	0.07

IS: Isometric squat; BW: Body weight; IKF: Isometric knee flexion; IKE: Isometric knee extension; BM: Body mass (of entire body) was used for normalization of IKE and IKF for comparison to previous research; LM: lean mass; H:Q: hamstring to quadriceps ratio of torque maximal produced during the IKF and IKE respectively. Data is presented as mean ± SD with 95% confidence intervals (95%CI) and Cohen's effect size (d). \*Significant difference between men and women ( $p \leq 0.05$ ).

Se cográn los datos más relevantes para determinar el tamaño de la muestra (señalados en la tabla), por lo que se determina una “SD” de 63.9 y una “d” de 68.1, valor extraído de la amplitud del intervalo de confianza (324.9 – 256.8 = 68.1).

El número de sujetos aplicando la fórmula será de 14 sujetos cada grupo, es decir un total de **28** sujetos.

Los datos necesarios para el cálculo muestral de la variable fuerza máxima isocinética a 60°/seg en el cuádriceps se van a extraer del estudio de Campenella et al 2000, “Effect of visual feedback and verbal encouragement on concentric quadriceps and hamstrings peak torque of males and females” (27).

Means and standard deviations for quadriceps and hamstrings peak torque data of the four test conditions for males and females

	C		VF		VE		VE & VF	
	Mean	SD	Mean	SD	Mean	SD	Mean	SD
Quadriceps								
Males	215.98	47.33	233.14	49.30	214.66	42.09	226.90	39.37
Females	141.52	27.92	150.00	30.02	142.50	26.47	109.36	23.97
Hamstrings								
Males	132.61	19.20	137.33	20.29	133.74	14.91	143.24	15.64
Females	79.70	13.02	84.59	14.85	80.28	14.20	83.06	11.36

C = Control  
VF = Visual Feedback  
VE = Verbal Encouragement  
All Torque Values in Nm.

Se cográn los datos más relevantes para determinar el tamaño de la muestra (señalados en la tabla), por lo que se determina una “SD” de 39.37 y una “d” de 22.69 correspondiente al coeficiente de variación (10% de la media de la variable) utilizado por consenso en los estudios de dinamometría en biomecánica (10% de 226.9 = 22.69) al no existir datos de amplitud del intervalo de confianza (36).

El número de sujetos aplicando la fórmula será de 47 sujetos cada grupo, es decir, un total de **94** sujetos.

Para que la muestra sea lo más representativa posible se cogerá el número de sujetos mayor de las variables analizadas, es decir 94 sujetos y se le añadirá un 10% de sujetos en previsión de posibles pérdidas por tanto el número total de sujetos de la muestra será de **104** sujetos.

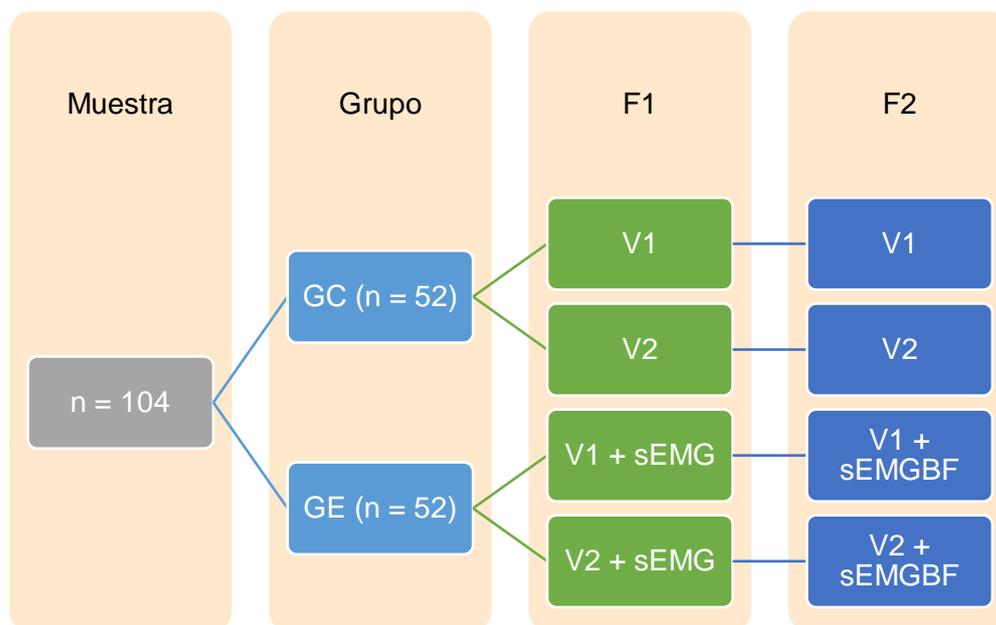


Figura 9. Sujetos de la muestra en el estudio y variables. Elaboración propia.

### 5.3 Variables

#### Principales

- Fuerza máxima isométrica del cuádriceps:  
Variable dependiente cuantitativa continua, de razón. Su unidad de medida es el Newton (N) y su medición se realiza mediante un test de fuerza isométrica de gráfica lineal, medido con un dinamómetro isocinético.
- Fuerza máxima isocinética del cuádriceps:  
Variable dependiente cuantitativa continua, de razón. Su unidad de medida es el Newton/metro (Nm) y su medición se realiza mediante un test de fuerza isocinética concéntrico/concéntrico (C/C), medido con un dinamómetro isocinético a velocidad de 60°/seg.

#### Secundarias

- Activación muscular:  
Variable independiente cuantitativa continua de razón. Su unidad de medida es el microvoltio ( $\mu\text{V}$ ) y su medición se realiza mediante un electromiógrafo de superficie.
- Sexo:  
Variable independiente cualitativa nominal dicotómica, que se categoriza en

dos grupos: Hombre y mujer.

- Efecto aprendizaje:

Variable independiente cuantitativa continua o discreta. Se obtiene mediante el análisis estadístico de las variables dependientes del estudio y puede tomar la forma de un coeficiente de variación, un porcentaje, un p-valor, etc.

<i>VARIABLE</i>	<i>TIPO</i>	<i>UNIDAD MEDIDA</i>	<i>FORMA</i>
<i>Fuerza Máxima Isométrica (V1)</i>	Dependiente	N	Dinamómetro
	Cuantitativa Continua		Isocinético. Test isométrico
<i>Fuerza Máxima Isocinética (V2)</i>	Dependiente	Nm	Dinamómetro
	Cuantitativa Continua		Isocinético. Test isocinético 60º/seg
<i>Activación muscular</i>	Independiente	µV	Electromiografía de superficie a través
	Cuantitativa Continua		procesado visual
<i>Sexo</i>	Independiente	-	0= Hombre
	Cualitativa Nominal		1= Mujer
<i>Efecto aprendizaje</i>	Independiente	-	Análisis
	Cuantitativa Continua		estadístico. Diferencias GC entre F1 y F2
<i>Tipo de intervención</i>	Independiente	-	0= Solo test
	Cualitativa Nominal		1= Test + sEMGBF
<i>Momento de medición</i>	Independiente	-	0= Fase 1
	Cualitativa Nominal		1= Fase 2

**Tabla 3. Variables. Elaboración propia.**

## **5.4 Hipótesis operativa**

### Fuerza máxima isométrica

- Hipótesis nula (H0): El uso del biofeedback con electromiografía de superficie no produce diferencias estadísticamente significativas en el incremento de la fuerza máxima isométrica frente a no usarlo.

- b) Hipótesis alternativa (H1): El uso del biofeedback con electromiografía de superficie produce diferencias estadísticamente significativas en el incremento de la fuerza máxima isométrica frente a no usarlo.

#### Fuerza máxima isocinética

- a) Hipótesis nula (H0): El uso del biofeedback con electromiografía de superficie no produce diferencias estadísticamente significativas en el incremento de la fuerza máxima isocinética frente a no usarlo.
- b) Hipótesis alternativa (H1): El uso del biofeedback con electromiografía de superficie produce diferencias estadísticamente significativas en el incremento de la fuerza máxima isocinética frente a no usarlo.

#### Sexo

##### Fuerza máxima isométrica

- a. Hipótesis nula (H0): El uso del biofeedback con electromiografía de superficie no produce diferencias estadísticamente significativas en el incremento de la fuerza máxima isométrica frente a no usarlo entre hombres y mujeres.
- b. Hipótesis alternativa (H1): El uso del biofeedback con electromiografía de superficie produce diferencias estadísticamente significativas en el incremento de la fuerza máxima isométrica frente a no usarlo entre hombres y mujeres.

##### Fuerza máxima isocinética

- a. Hipótesis nula (H0): El uso del biofeedback con electromiografía de superficie no produce diferencias estadísticamente significativas en el incremento de la fuerza máxima isocinética frente a no usarlo entre hombres y mujeres.
- b. Hipótesis alternativa (H1): El uso del biofeedback con electromiografía de superficie produce diferencias estadísticamente significativas en el incremento de la fuerza máxima isocinética frente a no usarlo entre hombres y mujeres.

#### Efecto aprendizaje

##### Fuerza máxima isométrica

- a. Hipótesis nula (H0): No hay diferencias estadísticamente significativas en el uso del dinamómetro isocinético entre la primera y segunda fases en la prueba de fuerza máxima isométrica en el grupo control.
- b. Hipótesis alternativa (H1): Hay diferencias estadísticamente significativas en el uso del dinamómetro isocinético entre la primera

y segunda fases en la prueba de fuerza máxima isométrica en el grupo control.

#### Fuerza máxima isocinética

- a. Hipótesis nula (H0): No hay diferencias estadísticamente significativas en el uso del dinamómetro isocinético entre la primera y segunda fases en la prueba de fuerza máxima isocinética en el grupo control.
- b. Hipótesis alternativa (H1): Hay diferencias estadísticamente significativas en el uso del dinamómetro isocinético entre la primera y segunda fases en la prueba de fuerza máxima isocinética en el grupo control.

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

Los datos de los sujetos se recogerán en la primera entrevista mediante un formulario y serán entregados al investigador principal (Anexos III). Junto a este formulario serán entregadas las hojas de HIP y CI (Anexo II) que deberán firmar para ser incluidos en el estudio. A fin de poder preservar la anonimidad de los resultados, a las hojas se les añadirá el código aleatorio generado y asignado a cada sujeto.

Una vez asignados los códigos, se producirá la división aleatoria de los sujetos entre los GC y GE mediante el programa informático Microsoft Excel.

Posteriormente, se realizará la medición de las variables de fuerza mediante el dinamómetro isocinético PRIMUS RS de la empresa BTE Technologies y de la variable activación muscular mediante el dispositivo de electromiografía de superficie FREEMG de la empresa BTS Bioengineering. Estos datos serán recogidos y analizados por el investigador principal, que contará con la ayuda de un tutor de proyecto.

Todos los datos obtenidos durante las entrevistas y las mediciones serán introducidos en el programa informático Microsoft Excel para su posterior volcado en el programa informático de IBM SPSS Statistic®, versión 26.0.

El estudio estadístico de los datos será dividido en dos partes:

#### Estadística descriptiva

Se efectuará un análisis descriptivo de los datos adquiridos a través de la medición de las variables del estudio.

Como las variables dependientes analizadas (momento de fuerza máxima isométrica y momento de fuerza máxima isocinética) son cuantitativas continuas se analizarán las medidas de tendencia central: la media, la mediana y la moda, las medidas de dispersión: la desviación típica, el rango y el coeficiente de variación, y las

medidas de posición y forma: percentiles, cuartiles, asimetría y curtosis; tanto del grupo como intraclase. Además, para ilustrar estos resultados podrá hacerse uso de histogramas y diagramas de cajas y patillas.

Estadística inferencial o analítica: contraste de hipótesis

Para poder llevar a cabo la estadística inferencial se deberán cumplir en la muestra los requisitos de normalidad y homogeneidad.

Para comprobar la normalidad, se deberá realizar el test de Kolmogorov-Smirnov o el de Saphiro-Wilk en función del tamaño de la muestra, lo que proporcionará el dato de si la muestra tiene una distribución normal o no. En el caso de este estudio, para una muestra de 104 sujetos se utilizará el test de Kolmogorov Sminov ya que la muestra de sujetos es  $n > 30$ .

Para saber si sigue esos criterios se asumirá un valor de significación de  $p > 0.05$  lo que quiere decir que en el caso de que el resultado de “p” fuera mayor de 0.05 se deberá aceptar la hipótesis nula que asume que hay una distribución normal de la muestra. En el caso de ser una  $p < 0.05$  se deberá rechazar la hipótesis nula y aceptar la alternativa, que asume que no hay una distribución normal de la muestra.

Para saber si hay homogeneidad entre varianzas se obtendrá el valor de “p” mediante el test de Levene de homogeneidad de varianzas siguiendo los mismos criterios de hipótesis que en el anterior test.

En función de la distribución de la muestra y de la variable analizada se realizarán los siguientes test:

<b>Tipo de variable</b>	<b>Características</b>	<b>Tipo de test estadístico</b>
<b>V1 (GC y GE) (Dos muestras independientes)</b>	Distribución Normal	T Student para muestras independientes
	Distribución No Normal	Prueba de U de Mann Whitney
<b>V2 (GC y GE) (Dos muestras independientes)</b>	Distribución Normal	T Student para muestras independientes
	Distribución No Normal	Prueba de U de Mann Whitney
<b>V1 o V2 + Sexo (Cuantitativa con cualitativa dicotómica)</b>	Distribución Normal	T Student para muestras independientes
	Distribución No Normal	Prueba de U de Mann Whitney

<b>Efecto aprendizaje (V1 o V2 sobre GC) (Dos muestras dependientes: Pre y Post)</b>	Distribución Normal	T Student para muestras relacionadas
	Distribución No Normal	Prueba de Wilcoxon

**Tabla 4. Test a elegir en función de la variable y distribución. Elaboración propia.**

Una vez se hayan obtenido los p-valor de cada una de las pruebas para las variables estudiadas se determinará que hipótesis operativa se deberá aceptar para cada variable:

- Si  $p \geq 0.05$  las diferencias no son estadísticamente significativas y por tanto se aceptará la hipótesis nula ( $H_0$ ).
- Si  $p \leq 0.05$  las diferencias son estadísticamente significativas y por tanto se aceptará la hipótesis alternativa ( $H_1$ ).

### **5.6 Limitaciones del estudio**

Se debe tener en cuenta a la hora de realizar el estudio las posibles limitaciones para acceder a los últimos artículos publicados en los últimos dos años o aquellos que son de pago.

Además, se han encontrado dificultades durante la búsqueda de artículos ya que apenas hay artículos cercanos a la idea de estudio y los pocos que hay son de hace casi 40 años. Por otro lado, el diseño del estudio ha estado condicionado por las fechas de entrega. Debido a esto algunos estudios han podido no quedar reflejados o descartados.

### **5.7 Equipo investigador**

El equipo para llevar a cabo este estudio constará de dos profesionales:

- Investigador principal: Fco. Javier de Oro Rosa, graduado en Fisioterapia en la Universidad Pontificia de Comillas con nº de colegiación: \_\_\_\_\_.
- Tutor de proyecto: Dr. Néstor Pérez Mallada. Doctor y profesor propio agregado de la EUEF. Área de Fisioterapia. Nº colegiación: \_\_\_\_\_.

## **6. Plan de trabajo**

### **6.1 Diseño de la intervención**

Se realizará una revisión de los antecedentes y la evidencia actual del tema para profundizar en los conocimientos y avances de la materia. Posteriormente, se profundizará en temas relacionados que puedan dar más base al tema principal.

Una vez se haya realizado lo anterior, se llevará a cabo el diseño del proyecto y su redacción. Finalizada esta parte se deberá presentar toda la documentación necesaria al CEI correspondiente para su aprobación.

Cuando se haya obtenido la aprobación por parte del CEI, se solicitará permiso a la Universidad Pontificia Comillas y en concreto a la EUEF "San Juan de Dios" en Ciempozuelos, Madrid, para hacer uso del laboratorio de biomecánica del que dispone, así como de los aparatos necesarios: electromiografía de superficie y dinamómetro isocinético; y para solicitar la colaboración de los alumnos de la escuela de manera institucional.

Conforme se reciban los primeros sujetos de estudio, se procederá a una entrevista con ellos en el que se informará de todo el proceso del estudio y se les dará el formulario para rellenar y las hojas de HIP y CI que deberán quedar firmadas y archivadas (Anexo II).

A cada sujeto se le asignará un número aleatorio mediante el programa informático Microsoft Excel®. Posteriormente y mediante el mismo programa se hará un reparto aleatorio de los sujetos de la muestra para asignarlos al GC o al GE.

El estudio se dividirá en dos fases de mediciones que tendrán lugar en el mismo día en que el sujeto sea citado. En cada fase los sujetos realizarán un test de fuerza isométrica y un test de fuerza isocinética medido a 60°/seg medido mediante un dinamómetro isocinético PRIMUS RS de la marca BTE Technologies. Los sujetos del GE realizarán ambas fases haciendo uso al mismo tiempo de un dispositivo de electromiografía de superficie FREEMG de la empresa BTS Bioengineering.

Para el uso de ambos dispositivos, el investigador realizará en primer lugar una verificación de los sistemas, atendiendo a las recomendaciones de los fabricantes.

En cada prueba, se explicará a los sujetos en que consiste cada test, como se les va a colocar y que deben de realizar, a fin de que comprendan el desarrollo de la prueba y puedan resolver dudas al respecto. Tras la explicación, los sujetos realizarán un calentamiento en un cicloergómetro durante 5 minutos, previo a la realización de la primera prueba (37).

La colocación de los sujetos durante las pruebas será en sedestación con la espalda apoyada, cinchas en el tronco y brazos cruzados sobre el pecho. La rodilla

que se va a medir será la del lado dominante de los sujetos.

Para la colocación de la silla y el dinamómetro se utilizará la guía de tratamiento y valoración del fabricante (Anexo IV). El cabezal del dinamómetro se colocará en la posición número cinco y se utilizará la herramienta 701 con bloque acolchado. Esta deberá colocarse ajustando la longitud (aproximadamente 25 – 30cm) en la espinilla del paciente. La silla se colocará posicionando al paciente con el dinamómetro en el lado de su pierna dominante, con el asiento en un ángulo de 30° sobre el nivel. El cóndilo femoral externo deberá estar alineada con el eje de rotación del dinamómetro (27,38).

Para la medición de la variable fuerza máxima isométrica se colocará al sujeto con flexión de cadera de 90° y 45° de flexión de rodilla. Cada sujeto realizará 3 repeticiones una máxima contracción isométrica voluntaria (MVIC) en extensión de rodilla durante 6 segundos con al menos 12 segundos de descanso entre repeticiones (39). Se dará un estímulo verbal durante la realización del test mediante la reproducción de una grabación. La duración de la prueba será de aproximadamente 5 minutos.

Para la medición de la variable fuerza máxima isocinética se realizará un test isocinético concéntrico/concéntrico de flexión-extensión de rodilla. Se solicitará la máxima fuerza durante la extensión y que se deje llevar por la máquina durante la flexión. La colocación del sujeto será con la cadera en flexión a 90° y el ROM estará limitado a 90° de flexión de rodilla y 0° de extensión completa. Se realizará un calentamiento previo de 4 repeticiones al 50% del esfuerzo máximo y una última a la máxima fuerza posible, todas ellas medidas a 60°/seg, seguido de un descanso de un minuto. Posterior al descanso, se llevará a cabo la prueba con 5 repeticiones máximas a 60°/seg en extensión y dejándose llevar en la flexión (27). Se dará estímulo verbal durante la realización del test mediante la reproducción de una grabación. La duración aproximada de la prueba será de 10 minutos.

Entre cada fase se dará a los sujetos un descanso de 60 minutos en los que se les especificará que no deben realizar esfuerzos físicos, por lo que, si deciden salir del laboratorio, deberán hacer uso del ascensor para subir y bajar plantas y evitar permanecer mucho tiempo de pie o realizando alguna actividad que requiera esfuerzo físico. (Ver Figura 10)

Posterior al descanso, los sujetos realizarán la fase dos (F2) del estudio. En el caso del GE esta vez los sujetos de este grupo realizarán las pruebas con la visualización del sEMGBF.

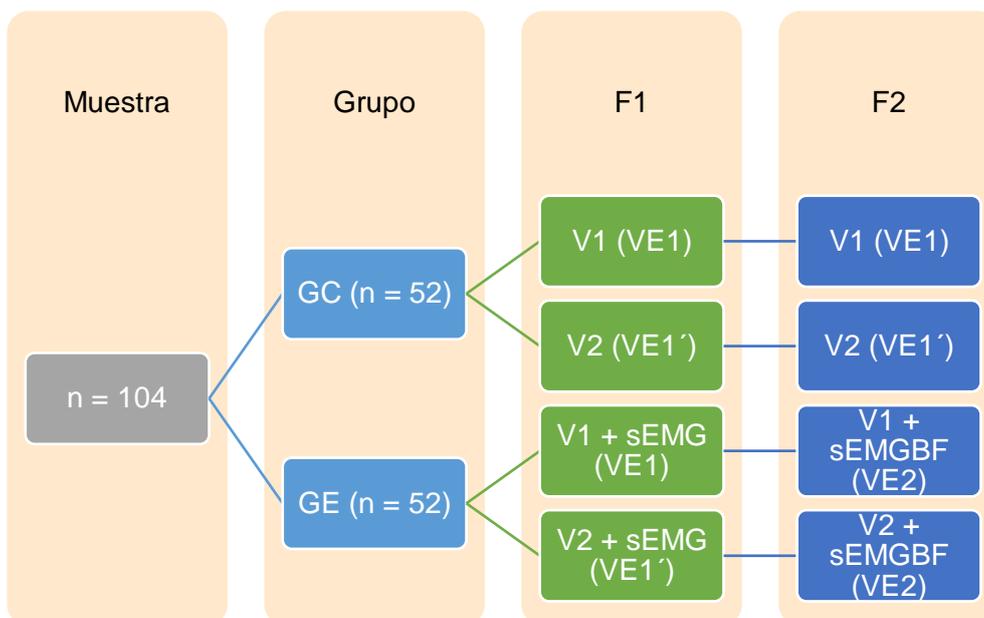


**Figura 10. Reparto de tiempos. Elaboración propia.**

Para realizar el sEMGBF se va a realizar el tratamiento de la señal con un filtro de alta-baja frecuencia y una rectificación de la señal “RMS” de sus siglas en inglés: “root mean square” (8,35,40). Durante ambas fases los sujetos llevarán puestos los electrodos del electromiógrafo en el cuádriceps, concretamente en el recto femoral (RF), siguiendo el protocolo del SENIAM, de sus siglas en inglés “Surface ElectroMyoGraphy for the Non-Invasive Assesment of Muscles” (41). (Protocolo en Anexo V)

En la fase 1 (F1) los sujetos realizarán los test de fuerza anteriormente descritos, a la vez que se realiza la medición de la variable activación muscular. Esta medición servirá de referencia para la aplicación del sEMGBF en la F2 (35,42). Durante la F2 los sujetos visualizarán a la vez que realizan los test de fuerza, la pantalla donde aparece la activación muscular en tiempo real del RF a la vez que la línea de referencia de la activación muscular en la F1. A los sujetos se les pedirá que traten de superar esa línea (42). Además, se proveerá de un estímulo verbal mediante una grabación de voz previamente realizada.

El estímulo verbal será provisto mediante una grabación (VE1) previa realizada en la que, se escucha una voz diciendo los comandos verbales: “¡Fuerte! ¡Fuerte! ¡Empuja! ¡Con fuerza!” para el test isométrico, y una grabación (VE1’) con los comandos verbales: ¡Fuerte! ¡Fuerte! ¡Fuerte! para el test isocinético medido a 60º/seg. El estímulo verbal provisto será diferente en la segunda fase para el GE (VE2) ya que el estímulo verbal estará comprendido por los comandos: ¡Por encima de la línea! ¡Vamos! ¡Por encima de la línea! para ambos test, no siendo así para el GC que tendrá las mismas grabaciones que en la F1. (Ver Figura 11)



**Figura 11. Diseño de la intervención. Elaboración propia.**

Una vez recogidos todos los datos se pasará a su volcado en el programa informático Microsoft Excel y de ahí su traspaso a el programa informático IBM SPSS Statistic®, versión 26.0 donde se procederá al análisis estadístico de los mismos.

Tras este análisis se llevará a cabo la discusión, conclusión y difusión de los datos obtenidos por parte de los integrantes del equipo investigador.

## 6.2 Etapas de desarrollo

El cronograma a seguir durante la realización del estudio desde su inicio hasta la divulgación de los resultados es el siguiente:

ETAPAS	PERIODO DE REALIZACION
<b>Redacción del proyecto</b>	De octubre de 2021 a abril de 2022
<b>Solicitud y aprobación del proyecto por el CEIC/CEI correspondiente.</b>	De septiembre de 2022 a octubre de 2022
<b>Solicitud de permiso al centro</b>	De septiembre de 2022 a octubre de 2022
<b>Reunión del equipo investigador</b>	De septiembre de 2022 a octubre de 2022
<b>Reclutamiento</b>	Desde noviembre de 2022 hasta completar la muestra
<b>Entrevistas, entrega y firma de</b>	Desde noviembre de 2022 hasta



## 7. Listado de referencias

- (1) Gartha IV. What is Biofeedback? Can Fam Physician 1976 -11;22:105-106.
- (2) Pietrosimone B, McLeod MM, Florea D, Gribble PA, Tevald MA. Immediate increases in quadriceps corticomotor excitability during an electromyography biofeedback intervention. J Electromyogr Kinesiol 2015 -04;25(2):316-322.
- (3) Eid MAM, Aly SM, El-Shamy SM. Effect of Electromyographic Biofeedback Training on Pain, Quadriceps Muscle Strength, and Functional Ability in Juvenile Rheumatoid Arthritis. Am J Phys Med Rehabil 2016 -12;95(12):921-930.
- (4) Giggins OM, Persson UM, Caulfield B. Biofeedback in rehabilitation. J Neuroeng Rehabil 2013 -06-18;10:60.
- (5) Bray D. Biofeedback. Complement Ther Nurs Midwifery 1998 -02;4(1):22-24.
- (6) Lloyd LL. Use of the Slide Show Audiometric Technique with Mentally Retarded Children. Exceptional Children 1965 October;32(2):93-98.
- (7) Kantor RE, Brown D. On-line computer augmentation of bio-feedback processes. Int J Biomed Comput 1970 -10;1(4):265-275.
- (8) Neblett R. Surface Electromyographic (SEMG) Biofeedback for Chronic Low Back Pain. Healthcare (Basel) 2016 -05-17;4(2).
- (9) Blanchard EB, Young LD. Clinical applications of biofeedback training. A review of evidence. Arch Gen Psychiatry 1974 -05;30(5):573-589.
- (10) Eversaul GA. Biofeedback and kinesiology. J Am Soc Prev Dent 1976 -12;6(6):4.
- (11) Flom RP, Quast JE, Boller JD, Berner M, Goldberg J. Biofeedback training to overcome poststroke foot-drop. Geriatrics 1976 -12;31(12):47-51.
- (12) Orne MT. The efficacy of biofeedback therapy. Annu Rev Med 1979;30:489-503.
- (13) TO INDIVIDUALIZE, TREATMENT PROGRAMS. THE USE OF. 2015 Summer;15(2):848-852.
- (14) Lepley AS, Gribble PA, Pietrosimone BG. Effects of electromyographic biofeedback on quadriceps strength: a systematic review. J Strength Cond Res 2012 -03;26(3):873-882.
- (15) Basmajian JV, Kukulka CG, Narayan MG, Takebe K. Biofeedback treatment of foot-drop after stroke compared with standard rehabilitation technique: effects on voluntary control and strength. Arch Phys Med Rehabil 1975 -06;56(6):231-236.
- (16) Basmajian JV. Facts vs. myths in EMG biofeedback. Biofeedback Self Regul 1976 -12;1(4):369-371.
- (17) Gámez AB, Hernandez Morante JJ, Martínez Gil JL, Esparza F, Martínez CM. The effect of surface electromyography biofeedback on the activity of extensor and

dorsiflexor muscles in elderly adults: a randomized trial. *Sci Rep* 2019 -09-11;9(1):13153.

(18) Lirio-Romero C, Torres-Lacomba M, Gómez-Blanco A, Acero-Cortés A, Retana-Garrido A, de la Villa-Polo P, et al. Electromyographic biofeedback improves upper extremity function: a randomized, single-blinded, controlled trial. *Physiotherapy* 2021 -03;110:54-62.

(19) Croce RV. The effects of EMG biofeedback on strength acquisition. *Biofeedback Self Regul* 1986 -12;11(4):299-310.

(20) Takahashi R, Sano K, Kimura K, Ishioka T, Suzuki M, Nakaya N, et al. Reproducibility and reliability of performance indicators to evaluate the therapeutic effectiveness of biofeedback therapy after elbow surgery. *Medicine (Baltimore)* 2020 -8-21;99(34).

(21) Oravitan M, Avram C. The effectiveness of electromyographic biofeedback as part of a meniscal repair rehabilitation programme. *J Sports Sci Med* 2013;12(3):526-532.

(22) Limonta E, Rampichini S, Cè E, Esposito F. Effects of visual feedback absence on force control during isometric contraction. *Eur J Appl Physiol* 2015 -03;115(3):507-519.

(23) Noveletto F, Bertemes-Filho P, Soares A. Low Cost Biofeedback System for Muscular Strength Analysis and Training. *IEEE Latin America Transactions* 2016 February 1,;14:575-581.

(24) O'Sullivan A, O'Sullivan K. The effect of combined visual feedback and verbal encouragement on isokinetic concentric performance in healthy females. *Isokinetics & Exercise Science* 2008 March 7,;16:47-53.

(25) Kim HJ, Kramer JF. Effectiveness of visual feedback during isokinetic exercise. *J Orthop Sports Phys Ther* 1997 -12;26(6):318-323.

(26) 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 -02;26:73-81.

(27) Campenella B, Mattacola C, Kimura I. Effect of visual feedback and verbal encouragement on concentric quadriceps and hamstrings peak torque of males and females. *Isokinetics and Exercise Science* 2000 January 10,;8.

(28) Greig M, Marchant D. Speed dependant influence of attentional focusing instructions on force production and muscular activity during isokinetic elbow flexions. *Hum Mov Sci* 2014 -02;33:135-148.

(29) Weon J, Kwon O, Cynn H, Lee W, Kim T, Yi C. Real-time visual feedback can be used to activate scapular upward rotators in people with scapular winging: an experimental study. *Journal of Physiotherapy* 2011 January 1,;57(2):101-107.

(30) Du W, Huang T, Chiu Y, Mao S, Hung L, Liu M, et al. Single-Session Video and Electromyography Feedback in Overhead Athletes With Scapular Dyskinesia and Impingement Syndrome. *J Athl Train* 2020 -03;55(3):265-273.

- (31) Draper V, Ballard L. Electrical stimulation versus electromyographic biofeedback in the recovery of quadriceps femoris muscle function following anterior cruciate ligament surgery. *Phys Ther* 1991 -06;71(6):455-464.
- (32) Yilmaz OO, Senocak O, Sahin E, Baydar M, Gulbahar S, Bircan C, et al. Efficacy of EMG-biofeedback in knee osteoarthritis. *Rheumatol Int* 2010 -05;30(7):887-892.
- (33) Hu X, Loncharich M, Newell KM. Visual information interacts with neuromuscular factors in the coordination of bimanual isometric force. *Exp Brain Res* 2011 -03;209(1):129-138.
- (34) Nimphius S, McBride JM, Rice PE, Goodman-Capps CL, Capps CR. Comparison of Quadriceps and Hamstring Muscle Activity during an Isometric Squat between Strength-Matched Men and Women. *J Sports Sci Med* 2019 -2-11;18(1):101-108.
- (35) Guo Y, Gao F, Li J, Yang M, Li J, Yang D, et al. Effect of electromyographic biofeedback training on motor function of quadriceps femoris in patients with incomplete spinal cord injury: A randomized controlled trial. *NeuroRehabilitation* 2021;48(3):345-351.
- (36) Huesa Jiménez F, García Díaz J, Montes JV. Dinamometría isocinética. *Rehabilitación (Madr)* 2005 /11/01;39(6):288-296.
- (37) Czaplicki A, Jarocka M, Walawski J. Isokinetic Identification of Knee Joint Torques before and after Anterior Cruciate Ligament Reconstruction. *PLoS One* 2015;10(12):e0144283.
- (38) Fisiología Articular de A. I. Kapandji | Editorial Médica Panamericana. Available at: <https://www.medicapanamericana.com/es/libro/fisiologia-articular-tomo-1>. Accessed Apr 19, 2022.
- (39) O C, D ÁP, N PM. Changes in isometric quadriceps strength after the application of ultrasound-guided percutaneous neuromodulation. A case study. *Revista Fisioterapia Invasiva / Journal of Invasive Techniques in Physical Therapy* 2019 /12;02(02):76.
- (40) Place N, Matkowski B, Martin A, Lepers R. Synergists activation pattern of the quadriceps muscle differs when performing sustained isometric contractions with different EMG biofeedback. *Experimental brain research Experimentelle Hirnforschung Expérimentation cérébrale* 2006 October 1,;174:595-603.
- (41) Hermens HJ, Freriks B, Disselhorst-Klug C, Rau G. Development of recommendations for SEMG sensors and sensor placement procedures. *J Electromyogr Kinesiol* 2000 -10;10(5):361-374.
- (42) Comaduran Marquez D, von Tschärner V, Murari K, Nigg BM. Development of a multichannel current-EMG system for coherence modulation with visual biofeedback. *PLoS One* 2018;13(11):e0206871.

# ANEXO I

## Pantallazos estrategias de búsqueda Pubmed

History and Search Details						Download	Delete
Search	Actions	Details	Query	Results	Time		
#40	...	∨	Search: ("Biofeedback, Psychology"[Mesh] OR "Feedback, Sensory"[Mesh] OR "Feedback"[Mesh]) AND ("Electromyography"[Mesh] OR "sEMG" OR "EMGs" OR "Surface Electromyography") Filters: Clinical Trial, Humans, English, Spanish, from 2011 - 2021  (("biofeedback, psychology"[MeSH Terms] OR "feedback, sensory"[MeSH Terms] OR "Feedback"[MeSH Terms]) AND ("Electromyography"[MeSH Terms] OR "sEMG"[All Fields] OR "EMGs"[All Fields] OR "Surface Electromyography"[All Fields])) AND ((clinicaltrial[Filter]) AND (humans[Filter]) AND (2011:2021[pdat]) AND (english[Filter] OR spanish[Filter]))	108	08:10:16		
#36	...	>	Search: ("Biofeedback, Psychology"[Mesh] OR "Feedback, Sensory"[Mesh] OR "Feedback"[Mesh]) AND ("Electromyography"[Mesh] OR "sEMG" OR "EMGs" OR "Surface Electromyography") Filters: Clinical Trial, English, from 2011 - 2021	107	08:09:46		
#35	...	>	Search: ("Biofeedback, Psychology"[Mesh] OR "Feedback, Sensory"[Mesh] OR "Feedback"[Mesh]) AND ("Electromyography"[Mesh] OR "sEMG" OR "EMGs" OR "Surface Electromyography") Filters: Clinical Trial, from 2011 - 2021	110	08:09:39		
#34	...	>	Search: ("Biofeedback, Psychology"[Mesh] OR "Feedback, Sensory"[Mesh] OR "Feedback"[Mesh]) AND ("Electromyography"[Mesh] OR "sEMG" OR "EMGs" OR "Surface Electromyography") Filters: from 2011 - 2021	631	08:09:21		
#33	...	>	Search: ("Biofeedback, Psychology"[Mesh] OR "Feedback, Sensory"[Mesh] OR "Feedback"[Mesh]) AND ("Electromyography"[Mesh] OR "sEMG" OR "EMGs" OR "Surface Electromyography")	2,495	08:06:10		
#24	...	>	Search: ("Biofeedback, Psychology"[Mesh] OR "Feedback, Sensory"[Mesh] OR "Feedback"[Mesh]) AND ("Electromyography"[Mesh])	2,465	08:04:24		
#32	...	>	Search: ("Biofeedback, Psychology"[Mesh] OR "Feedback, Sensory"[Mesh] OR "Feedback"[Mesh]) AND ("Electromyography"[Mesh]) Filters: Clinical Trial, Humans, English, Spanish, Young Adult: 19-24 years, Adult: 19-44 years, Middle Aged: 45-64 years, from 2011 - 2021	82	08:01:20		

#31	...	>	Search: ("Biofeedback, Psychology"[Mesh] OR "Feedback, Sensory"[Mesh] OR "Feedback"[Mesh]) AND ("Electromyography"[Mesh]) Filters: Humans, English, Spanish, Adult: 19-44 years, Middle Aged: 45-64 years, Young Adult: 19-24 years, from 2011 - 2021	424	08:00:50
#30	...	>	Search: ("Biofeedback, Psychology"[Mesh] OR "Feedback, Sensory"[Mesh] OR "Feedback"[Mesh]) AND ("Electromyography"[Mesh]) Filters: Humans, English, Spanish, Adult: 19-44 years, Middle Aged: 45-64 years, from 2011 - 2021	383	08:00:45
#29	...	>	Search: ("Biofeedback, Psychology"[Mesh] OR "Feedback, Sensory"[Mesh] OR "Feedback"[Mesh]) AND ("Electromyography"[Mesh]) Filters: Humans, English, Spanish, Adult: 19-44 years, from 2011 - 2021	339	08:00:39
#28	...	>	Search: ("Biofeedback, Psychology"[Mesh] OR "Feedback, Sensory"[Mesh] OR "Feedback"[Mesh]) AND ("Electromyography"[Mesh]) Filters: Humans, English, Spanish, from 2011 - 2021	578	08:00:31
#27	...	>	Search: ("Biofeedback, Psychology"[Mesh] OR "Feedback, Sensory"[Mesh] OR "Feedback"[Mesh]) AND ("Electromyography"[Mesh]) Filters: Humans, English, from 2011 - 2021	575	08:00:26
#26	...	>	Search: ("Biofeedback, Psychology"[Mesh] OR "Feedback, Sensory"[Mesh] OR "Feedback"[Mesh]) AND ("Electromyography"[Mesh]) Filters: Humans, from 2011 - 2021	592	08:00:19
#25	...	>	Search: ("Biofeedback, Psychology"[Mesh] OR "Feedback, Sensory"[Mesh] OR "Feedback"[Mesh]) AND ("Electromyography"[Mesh]) Filters: from 2011 - 2021	613	07:56:45
#23	...	>	Search: (("Biofeedback, Psychology"[Mesh] OR "Feedback, Sensory"[Mesh] OR "Feedback"[Mesh]) AND ("Electromyography"[Mesh])) AND ("Muscle Strength Dynamometer"[Mesh])	4	07:51:09
#22	...	>	Search: (((("Biofeedback, Psychology"[Mesh] OR "Feedback, Sensory"[Mesh] OR "Feedback"[Mesh]) AND ("Electromyography"[Mesh])) AND ("Muscle Strength Dynamometer"[Mesh])) AND ("Muscle Strength"[Mesh]))	3	07:47:12
#21	...	>	Search: (((("Biofeedback, Psychology"[Mesh] OR "Feedback, Sensory"[Mesh] OR "Feedback"[Mesh]) AND ("Electromyography"[Mesh])) AND ("Muscle Strength Dynamometer"[Mesh])) AND ("Muscle Strength"[Mesh])) AND ("Torque"[Mesh])	0	07:46:31

#20	...	>	Search: (((("Biofeedback, Psychology"[Mesh] OR "Feedback, Sensory"[Mesh] OR "Feedback"[Mesh]) AND ("Electromyography"[Mesh])) AND ("Muscle Strength Dynamometer"[Mesh])) AND ("Muscle Strength"[Mesh])) AND ("Torque"[Mesh]) - Schema: all	0	07:46:31
#19	...	>	Search: (((("Biofeedback, Psychology"[Mesh] OR "Feedback, Sensory"[Mesh] OR "Feedback"[Mesh]) AND ("Electromyography"[Mesh])) AND ("Muscle Strength Dynamometer"[Mesh])) AND ("Muscle Strength"[Mesh])) AND ("Torque"[Mesh])) AND ("Exercise"[Mesh] OR "Exercise Movement Techniques"[Mesh] OR "Exercise Therapy"[Mesh])	0	07:45:14
#18	...	>	Search: (((("Biofeedback, Psychology"[Mesh] OR "Feedback, Sensory"[Mesh] OR "Feedback"[Mesh]) AND ("Electromyography"[Mesh])) AND ("Muscle Strength Dynamometer"[Mesh])) AND ("Muscle Strength"[Mesh])) AND ("Torque"[Mesh])) AND ("Exercise"[Mesh] OR "Exercise Movement Techniques"[Mesh] OR "Exercise Therapy"[Mesh]) - Schema: all	0	07:45:14
#16	...	>	Search: (("Physical Therapy Modalities"[Mesh] OR "Physical Therapy Specialty"[Mesh] OR "Physical Therapy Department, Hospital"[Mesh]) AND ("Biofeedback, Psychology"[Mesh] OR "Feedback, Sensory"[Mesh] OR "Feedback"[Mesh])) AND ("Electromyography"[Mesh]) Filters: from 2011 - 2021	96	07:35:01
#15	...	>	Search: (("Physical Therapy Modalities"[Mesh] OR "Physical Therapy Specialty"[Mesh] OR "Physical Therapy Department, Hospital"[Mesh]) AND ("Biofeedback, Psychology"[Mesh] OR "Feedback, Sensory"[Mesh] OR "Feedback"[Mesh])) AND ("Electromyography"[Mesh])	289	07:34:21
#14	...	>	Search: (((("Physical Therapy Modalities"[Mesh] OR "Physical Therapy Specialty"[Mesh] OR "Physical Therapy Department, Hospital"[Mesh]) AND ("Biofeedback, Psychology"[Mesh] OR "Feedback, Sensory"[Mesh] OR "Feedback"[Mesh])) AND ("Electromyography"[Mesh])) AND ("Muscle Strength Dynamometer"[Mesh])	1	07:33:10

#13	...	>	Search: (((("Physical Therapy Modalities"[Mesh] OR "Physical Therapy Specialty"[Mesh] OR "Physical Therapy Department, Hospital"[Mesh]) AND ("Biofeedback, Psychology"[Mesh] OR "Feedback, Sensory"[Mesh] OR "Feedback"[Mesh])) AND ("Electromyography"[Mesh])) AND ("Muscle Strength Dynamometer"[Mesh]) AND ("Muscle Strength"[Mesh]))	1	07:30:48
#12	...	>	Search: (((("Physical Therapy Modalities"[Mesh] OR "Physical Therapy Specialty"[Mesh] OR "Physical Therapy Department, Hospital"[Mesh]) AND ("Biofeedback, Psychology"[Mesh] OR "Feedback, Sensory"[Mesh] OR "Feedback"[Mesh])) AND ("Electromyography"[Mesh])) AND ("Muscle Strength Dynamometer"[Mesh]) AND ("Muscle Strength"[Mesh]) AND ("Torque"[Mesh]))	0	07:30:02
#11	...	>	Search: (((("Physical Therapy Modalities"[Mesh] OR "Physical Therapy Specialty"[Mesh] OR "Physical Therapy Department, Hospital"[Mesh]) AND ("Biofeedback, Psychology"[Mesh] OR "Feedback, Sensory"[Mesh] OR "Feedback"[Mesh])) AND ("Electromyography"[Mesh])) AND ("Muscle Strength Dynamometer"[Mesh]) AND ("Muscle Strength"[Mesh]) AND ("Torque"[Mesh]) - Schema: all	0	07:30:02
#10	...	>	Search: (((("Physical Therapy Modalities"[Mesh] OR "Physical Therapy Specialty"[Mesh] OR "Physical Therapy Department, Hospital"[Mesh]) AND ("Biofeedback, Psychology"[Mesh] OR "Feedback, Sensory"[Mesh] OR "Feedback"[Mesh])) AND ("Electromyography"[Mesh])) AND ("Muscle Strength Dynamometer"[Mesh]) AND ("Muscle Strength"[Mesh]) AND ("Torque"[Mesh])) AND ("Exercise"[Mesh] OR "Exercise Movement Techniques"[Mesh] OR "Exercise Therapy"[Mesh]))	0	07:29:03
#9	...	>	Search: (((("Physical Therapy Modalities"[Mesh] OR "Physical Therapy Specialty"[Mesh] OR "Physical Therapy Department, Hospital"[Mesh]) AND ("Biofeedback, Psychology"[Mesh] OR "Feedback, Sensory"[Mesh] OR "Feedback"[Mesh])) AND ("Electromyography"[Mesh])) AND ("Muscle Strength Dynamometer"[Mesh]) AND ("Muscle Strength"[Mesh]) AND ("Torque"[Mesh])) AND ("Exercise"[Mesh] OR "Exercise Movement Techniques"[Mesh] OR "Exercise Therapy"[Mesh]) - Schema: all	0	07:29:03
#8	...	>	Search: "Exercise"[Mesh] OR "Exercise Movement Techniques"[Mesh] OR "Exercise Therapy"[Mesh] Sort by: Most Recent	266,474	07:25:26

#8	...	>	Search: "Exercise"[Mesh] OR "Exercise Movement Techniques"[Mesh] OR "Exercise Therapy"[Mesh] Sort by: Most Recent	266,474	07:25:26
#7	...	>	Search: "Torque"[Mesh] Sort by: Most Recent	10,021	07:24:07
#6	...	>	Search: "Muscle Strength"[Mesh] Sort by: Most Recent	40,055	07:23:17
#5	...	>	Search: "Muscle Strength Dynamometer"[Mesh] Sort by: Most Recent	1,931	07:22:44
#3	...	>	Search: "Electromyography"[Mesh] Sort by: Most Recent	82,421	07:17:29
#2	...	>	Search: "Biofeedback, Psychology"[Mesh] OR "Feedback, Sensory"[Mesh] OR "Feedback"[Mesh] Sort by: Most Recent	43,734	07:15:07
#1	...	>	Search: "Physical Therapy Modalities"[Mesh] OR "Physical Therapy Specialty"[Mesh] OR "Physical Therapy Department, Hospital"[Mesh] Sort by: Most Recent	170,393	07:12:06

Showing 1 to 35 of 35 entries



S8	S1 AND S2 AND S3 AND S4 AND S5	Amplidores - Aplicar materias equivalentes Modos de búsqueda - Booleano/Frase	Interfaz - EBSCOhost Research Databases Pantalla de búsqueda - Búsqueda avanzada Base de datos - Academic Search Complete;E-Journals;CINAHL Complete;MEDLINE Complete	7
S7	S1 AND S2 AND S3 AND S4 AND S5 AND S6	Amplidores - Aplicar materias equivalentes Modos de búsqueda - Booleano/Frase	Interfaz - EBSCOhost Research Databases Pantalla de búsqueda - Búsqueda avanzada Base de datos - Academic Search Complete;E-Journals;CINAHL Complete;MEDLINE Complete	2
S6	"torque"	Amplidores - Aplicar materias equivalentes Modos de búsqueda - Booleano/Frase	Interfaz - EBSCOhost Research Databases Pantalla de búsqueda - Búsqueda avanzada Base de datos - Academic Search Complete;E-Journals;CINAHL Complete;MEDLINE Complete	140,365
S5	"muscle contraction" OR "muscle strength"	Amplidores - Aplicar materias equivalentes Modos de búsqueda - Booleano/Frase	Interfaz - EBSCOhost Research Databases Pantalla de búsqueda - Búsqueda avanzada Base de datos - Academic Search Complete;E-Journals;CINAHL Complete;MEDLINE Complete	247,399
S4	"dynamometry" OR "dynamometer"	Amplidores - Aplicar materias equivalentes Modos de búsqueda - Booleano/Frase	Interfaz - EBSCOhost Research Databases Pantalla de búsqueda - Búsqueda avanzada Base de datos - Academic Search Complete;E-Journals;CINAHL Complete;MEDLINE Complete	35,457
S3	"EMGs" OR "surface electromyography" OR "sEMG"	Amplidores - Aplicar materias equivalentes Modos de búsqueda - Booleano/Frase	Interfaz - EBSCOhost Research Databases Pantalla de búsqueda - Búsqueda avanzada Base de datos - Academic Search Complete;E-Journals;CINAHL Complete;MEDLINE Complete	21,508
S2	"biofeedback" OR "biofeedback therapy" OR "visual feedback" OR "feedback"	Amplidores - Aplicar materias equivalentes Modos de búsqueda - Booleano/Frase	Interfaz - EBSCOhost Research Databases Pantalla de búsqueda - Búsqueda avanzada Base de datos - Academic Search Complete;E-Journals;CINAHL Complete;MEDLINE Complete	681,496
S1	"physical therapy" OR "physiotherapy" OR "physical treatment" OR "exercise therapy" OR "exercise" OR "sports medicine"	Amplidores - Aplicar materias equivalentes Modos de búsqueda - Booleano/Frase	Interfaz - EBSCOhost Research Databases Pantalla de búsqueda - Búsqueda avanzada Base de datos - Academic Search Complete;E-Journals;CINAHL Complete;MEDLINE Complete	1,621,179

## **ANEXO II. HIP y CI**

### HOJA DE INFORMACIÓN AL PACIENTE

#### ***Introducción del biofeedback con electromiografía de superficie sobre el incremento de fuerza en tiempo real en fisioterapia***

Usted tiene derecho a conocer el procedimiento al que va a ser sometido como participante en este estudio y las complicaciones más frecuente que puedan ocurrir. Con la firma del presente documento ratifica que se le ha informado de todos los riesgos que tiene la terapia a utilizar. Así mismo ha consultado todas las dudas que se le planteen. Del mismo modo, ha podido resolver las cuestiones planteadas sobre la sistemática de evaluación y riesgos que esta posee.

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

#### **PROCEDIMIENTO**

El objetivo de este estudio es valorar el uso del biofeedback con electromiografía de superficie sobre el incremento de fuerza en tiempo real.

Todos los participantes del presente estudio serán divididos aleatoriamente en dos grupos, a saber: un grupo control (GC) y un grupo experimental (GE).

El estudio se dividirá en dos fases de mediciones que tendrán lugar en el mismo día en que el participante sea citado. En cada fase los participantes realizarán un test de fuerza isométrica y un test de fuerza isocinética medido a 60º/seg medido mediante un dinamómetro isocinético PRIMUS RS de la marca BTE Technologies. Los participantes pertenecientes al GE realizarán ambas fases haciendo uso al mismo tiempo de un dispositivo de electromiografía de superficie FREEMG de la empresa BTS Bioengineering.

Entre cada fase se dará a los sujetos un descanso de 60 minutos en los no deben realizar esfuerzos físicos, por lo que, si deciden salir del laboratorio, deberán hacer uso del ascensor para subir y bajar plantas y evitar permanecer mucho tiempo de pie o realizando alguna actividad que requiera esfuerzo físico.

El lugar de realización y citación del estudio será el Laboratorio de Biomecánica de la Escuela de Enfermería y Fisioterapia de San Juan de Dios. Universidad Pontificia Comillas. (Avenida de San Juan de Dios, 1. 28350. Ciempozuelos, Madrid) donde se llevarán a cabo las pruebas del estudio y se cumplimentará el formulario de participación.

#### **VALORACION**

La colocación de los participantes durante las pruebas será en sedestación con la espalda apoyada, cinchas en el tronco y brazos cruzados sobre el pecho. La rodilla que se va a medir será la del lado dominante de los sujetos.

Para la colocación de la silla y el dinamómetro se utilizará la guía de tratamiento y valoración del fabricante. El cabezal del dinamómetro se colocará en la posición número cinco y se utilizará la herramienta 701 con bloque acolchado. Esta deberá colocarse ajustando la longitud (aproximadamente 25 – 30cm) en la espinilla del paciente. La silla se colocará posicionando al paciente con el dinamómetro en el lado de su pierna dominante, con el asiento en un ángulo de 30° sobre el nivel. El cóndilo femoral externo deberá estar alineada con el eje de rotación del dinamómetro.

#### MEDICION DE LA VARIABLE FUERZA MAXIMA ISOMETRICA

Para la medición de la variable fuerza máxima isométrica se colocará al sujeto con flexión de cadera de 90° y 45° de flexión de rodilla. Cada sujeto realizará 3 repeticiones una máxima contracción isométrica voluntaria (MVIC) en extensión de rodilla durante 6 segundos con al menos 12 segundos de descanso entre repeticiones. Se dará un estímulo verbal durante la realización del test mediante la reproducción de una grabación. La duración de la prueba será de aproximadamente 5 minutos.

#### MEDICION DE LA VARIABLE FUERZA MAXIMA ISOCINETICA

Para la medición de la variable fuerza máxima isocinética se realizará un test isocinético concéntrico/concéntrico de flexión-extensión de rodilla. Se solicitará la máxima fuerza durante la extensión y que se deje llevar por la máquina durante la flexión. La colocación del sujeto será con la cadera en flexión a 90° y el ROM estará limitado a 90° de flexión de rodilla y 0° de extensión completa. Se realizará un calentamiento previo de 4 repeticiones al 50% del esfuerzo máximo y una última a la máxima fuerza posible, todas ellas medidas a 60°/seg, seguido de un descanso de un minuto. Posterior al descanso, se llevará a cabo la prueba con 5 repeticiones máximas a 60°/seg en extensión y dejándose llevar en la flexión. Se dará estímulo verbal durante la realización del test mediante la reproducción de una grabación. La duración aproximada de la prueba será de 10 minutos.

#### TRATAMIENTO

Para realizar el biofeedback con electromiografía de superficie (sEMGBF) se va a realizar el tratamiento de la señal con un filtro de alta-baja frecuencia y una rectificación de la señal “RMS” de sus siglas en inglés: “root mean square”. Durante ambas fases los sujetos llevarán puestos los electrodos del electromiógrafo en el cuádriceps, concretamente en el recto femoral (RF), siguiendo el protocolo del SENIAM, de sus siglas en inglés “Surface ElectroMyoGraphy for the Non-Invasive Assesment of Muscles”.

En la fase 1 (F1) los sujetos realizarán los test de fuerza anteriormente descritos, a la vez que se realiza la medición de la variable activación muscular. Esta medición servirá de referencia para la aplicación del sEMGBF en la fase 2 (F2). Durante la F2 los sujetos visualizarán a la vez que realizan los test de fuerza, la pantalla donde aparece la activación muscular en tiempo real del RF a la vez que la línea de referencia de la activación muscular en la F1. A los sujetos se les pedirá que traten de superar esa línea. Además, se proveerá de un estímulo verbal mediante una grabación de voz previamente realizada.

El estímulo verbal será provisto mediante una grabación previa realizada en la que, se escucha una voz diciendo los comandos verbales: “¡Fuerte! ¡Fuerte! ¡Empuja! ¡Con fuerza!” para el test isométrico, y una grabación con los comandos verbales: ¡Fuerte! ¡Fuerte! ¡Fuerte! para el test isocinético medido a 60°/seg. El estímulo verbal provisto será diferente en la segunda fase para el GE ya que el estímulo verbal estará comprendido por los comandos: ¡Por encima de la línea! ¡Vamos! ¡Por encima de la línea! para ambos test, no siendo así para el GC que tendrá las mismas grabaciones que en la F1.

---

A continuación, se describen los riesgos y contraindicaciones implícitos en el estudio:

#### RIESGOS ESPECIFICOS DEL USO DE EQUIPOS ISOCINETICOS

No se conocen riesgos específicos derivados del uso de dispositivos isocinéticos, salvo los derivados de cualquier actividad física como puede ser la fatiga, dolores articulares y la aparición de dolor muscular posterior al ejercicio (DOMS).

#### RIESGOS ESPECIFICOS DEL USO DE EQUIPOS ELECTROMIOGRAFICOS

No se han descrito riesgos específicos derivados del uso de dispositivos electromiográficos, salvo los derivados del contacto con los materiales de los electrodos del electromiógrafo.

#### CONTRAINDICACIONES

- Alteraciones de la sensibilidad.
- Trombosis o hemorragias activas.
- Derrame sinovial, hemartros y heridas recientes de partes blandas.
- Epilépticos no controlados y síndromes coreicos.
- Hipertensión arterial y varices sin control.

- Personas que puedan propagar algún tipo de infección por la patología que sufren.
- Enfermedades agudas con fiebre.
- Estados febriles y/o debilidad extrema.
- Personas con patología neurológica en miembros inferiores.
- Inflamación viral/bacterial.
- Embarazadas: área pélvica y tronco.
- Hemofilia.
- Anticoagulantes como Sintrón o Marcumar.
- Neoplasia.
- Enfermedades neurológicas (esclerosis múltiple, ELA, polineuropatía diabética, ...).
- Enfermedades reumáticas primarias.
- Tratamientos con cortisona (más de 6 semanas).

## DERECHOS

La participación en el estudio es libre y voluntaria y usted tiene derecho a:

- Abandonar el estudio en cualquier momento, sin justificación ni perjuicio de su atención sanitaria y decidir el destino de sus datos personales.
- Contactar con el investigador cuando lo necesite.
- Acceder, rectificar y cancelar los datos de carácter personal en cualquier momento. Se garantiza la protección de datos personales mediante la creación de una base de datos anónima, en la que cada sujeto tiene una clave asignada que solo conoce el investigador principal. Todos los datos recogidos para el proyecto serán tratados con las medidas de seguridad establecidas en cumplimiento de la “Ley Orgánica 15/1999 de Protección de Datos de carácter personal”.

## CONSENTIMIENTO INFORMADO

ESTUDIO CLINICO:

### ***Introducción del biofeedback con electromiografía de superficie sobre el incremento de fuerza en tiempo real en fisioterapia***

#### **SUJETO**

D/Dña \_\_\_\_\_ con DNI \_\_\_\_\_

Se me ha informado sobre la terapia que me van a realizar, y ha sido explicada en cuanto al consentimiento informado la importancia de la firma que este documento posee. He tenido la oportunidad de hacer preguntas sobre los procedimientos e intervenciones del estudio. Firmando abajo consiento que se me apliquen los procedimientos que se me ha explicado de forma suficiente y comprensible.

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

Declaro no encontrarme en ninguno de los casos de las contraindicaciones especificadas en este documento.

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

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

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

#### **AUTORIZACION DEL FAMILIAR O TUTOR**

Ante la imposibilidad de D/Dña \_\_\_\_\_ con DNI \_\_\_\_\_ de prestar autorización para los tratamientos explicitados en el presente documento de forma libre, voluntaria y consciente.

D/Dña \_\_\_\_\_ con DNI \_\_\_\_\_

En calidad de (padre, madre, tutor legal, familiar, allegado, cuidador), decido dar mi conformidad libre, voluntaria y consciente a la técnica descrita para los procedimientos explicitados en el presente documento.

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

**INVESTIGADOR**

D/Dña \_\_\_\_\_ con DNI \_\_\_\_\_

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

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

**REVOCACIÓN****SUJETO**

D/Dña \_\_\_\_\_ con DNI \_\_\_\_\_

El día \_\_\_\_ del mes \_\_\_\_\_ y año \_\_\_\_\_ Revoco el consentimiento informado firmado el \_\_\_\_\_ en virtud de mi propio derecho. Para que conste y haga efecto, firmo el presente documento:

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

### ANEXO III. Formulario de participación.

NOMBRE:

APELLIDOS:

EDAD y FECHA DE NACIMIENTO:

SEXO:

CLAVE DE PARTICIPACIÓN	
GRUPO AL QUE PERTENECE	
TELEFONO DE CONTACTO	
CORREO ELECTRONICO	
PIERNA DOMINANTE	
ALERGIAS	
¿Ha realizado con anterioridad alguna de las pruebas que se le van a realizar?	
OBSERVACIONES	

Firma:

Madrid a \_\_\_\_\_ de \_\_\_\_\_ de \_\_\_\_\_

## ANEXO VI. Treatment Guidelines. BTE Technologies.



### Treatment Guidelines – Knee

These guidelines may be applicable to a variety of diagnosis, injuries and dysfunctions. Use your clinical judgment when proceeding on any course of treatment.

<b>Description</b>	The following represents suggested areas of assessment and uses of the PrimusRS for clients' with knee involvement. This assessment focuses on the knee; however you are encouraged to evaluate the client as a whole.
<b>Contraindications</b>	Treatment needs of a knee can vary greatly based on diagnosis and intervention goals. Utilize your clinical knowledge and skills in determining the appropriateness of any treatment plan prior to beginning a program with a client. Always consider client safety a priority.
<b>Early Intervention</b>	There may be ROM deficits that will need to be addressed. Utilize the CPM mode to increase ROM when appropriate for diagnosis and/or surgical procedure.
<b>Establish need</b>	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Strength – implement an isometric comparison test for the knee to compare injured side to non-injured side.</li> <li>2. Endurance – to further establish need.</li> <li>3. Neuromuscular coordination – CPM with target force</li> <li>4. Effects of repetition, if indicated</li> <li>5. Work or other functional tolerance (press foot pedal, walking, etc...)</li> </ol>
<b>Develop Treatment</b>	<p>Isometric and dynamic strength (endurance) of isolated muscle groups can be measured by performing isolated joint motions and, of combined muscle groups, by performing specific tasks. This will help determine if there is a weak area to focus on.</p> <p>Initiate a treatment program that includes knee flexion/extension for which you have established a need. Set initial resistance at 30% of current strength level. Perform exercise to fatigue. Set new goal based on exercise result for next session.</p> <p>In addition, you may perform a task analysis to determine appropriate exercises based on return to work, ADL or other functional needs.</p>
<b>Primus Attachment Suggestions</b>	<p>#701 - flexion and extension</p> <p>#802 – closed chain leg press (seated or standing)</p> <p>#701 – foot pedal press (machine controls. Brake or clutch pedal)</p> <p>#191 – step and gait training</p>

# Positioning Suggestions

## Knee Flexion/Extension



Knee Extension - Start Position  
Knee Flexion – End Position



Knee Extension -End Position  
Knee Flexion – Start Position

### Set-up:

**Exercise Head Tilt:** Number five position

**Attachments:** 701, Chair Tool

**Tool Setup:** 701 - Use padded block. Place block in the B position. Adjust tool length to place pad comfortable on clients shin (calf for flexion). A lever length of 10-12 inches (25 -30 cm) is usually sufficient.



Overhead view showing the Chair Tool attachment.

**Positioning Chair Setup:** Place client in the chair on the right side of the Primus for the right knee, and on the left side of the primus for the left knee. Tilt the seat up so it is at approximately a 30 degree angle above level.

**Client:** Make sure the knee joint is aligned with the axis of rotation of the exercise head shaft. Perform a repetition without any resistance to check for proper alignment. Adjust exercise head height and client position as needed.

### Alternate Set-Up Ideas:

- For knee flexion, place the client in the prone position with the positioning chair set up as a bench.
- Use the 701 or 802 tool with the flat block for a closed-chain leg press.

## ANEXO V. Protocolo SENIAM (41) para recto anterior del cuádriceps.

Musculo	
Nombre	Cuádriceps Femoral
Subdivisión	Recto Femoral
Anatomía del músculo	
Origen	Espina iliaca anteroinferior
Inserción	Borde proximal de la rótula (Tendón rotuliano)
Función	Extensión de rodilla y flexión de cadera
Modo de colocación del electrodo	
Postura inicial	Sentado en una mesa con las rodillas en ligera flexión y el tronco ligeramente inclinado hacia atrás
Tamaño del electrodo	Tamaño máximo en la dirección de las fibras musculares: 10 mm
Distancia entre electrodos	20 mm
Lugar de colocación del electrodo	
Localización	Necesitan colocarse a la mitad del vientre muscular. En torno al 50% entre la espina iliaca anterosuperior y la parte superior de la rótula
Orientación	En dirección con la espina iliaca anterosuperior y la parte superior de la rótula
Fijación en la piel	Cinta de doble cara, anillos o bandas elásticas
Test clínico	Extender la rodilla sin girar el muslo mientras se aplica presión sobre el tobillo en dirección de flexión
Consideraciones	Las guías de uso del SENIAM incluyen colocaciones para electrodos en los vastos medial y lateral

Tabla ---. Anexos. Protocolo SENIAM. Elaboración propia, Disponible en <http://seniam.org/quadricepsfemorisrectusfemoris.html>