

**Universidad San Jorge**

**Facultad de Ciencias de la Salud**

**Grado en Fisioterapia**

**Proyecto Final**

**Tiempo de recuperación de la Fuerza isométrica  
máxima tras un modelo de dolor en la  
musculatura epicondílea, en comparación con  
otras variables: un estudio transversal**

**Autor del proyecto: Javier Belsué Pastora**

**Director del proyecto: Víctor Doménech García**

**Zaragoza, 17 de mayo de 2019**



Este trabajo constituye parte de mi candidatura para la obtención del título de Grado Universitario en Fisioterapia de la Universidad San Jorge y no ha sido entregado previamente (o simultáneamente) para la obtención de cualquier otro título.

Este documento es el resultado de mi propio trabajo, excepto donde de otra manera esté indicado y referido.

Doy mi consentimiento para que se archive este trabajo en la biblioteca universitaria de Universidad San Jorge, donde se puede facilitar su consulta.

Firma



Fecha: 17 de mayo de 2019

---

A todos mis seres queridos, que me han apoyado tanto en los buenos como en los malos momentos.

A mis padres, por permitirme estudiar lo que siempre había querido, a mi familia y a mis amigos.

A Cristina, por tu apoyo incondicional, eres mi ejemplo de persona a seguir.

A Víctor Doménech y Pablo Bellosta, por la oportunidad y ayuda prestada.

A mi abuelo Jesús, sigues presente en mi día a día.

“Un pájaro posado en un árbol nunca tiene miedo de que la rama se rompa, porque la confianza no reside en la rama sino en sus propias alas”

---

---

**ÍNDICE:**

<b>RESUMEN.....</b>	<b>1</b>
<b>1. INTRODUCCIÓN .....</b>	<b>2</b>
1.1. Objetivos .....	3
1.2. Hipótesis.....	3
<b>2. MATERIAL Y MÉTODOS .....</b>	<b>4</b>
2.1. Diseño del estudio .....	4
2.2. Participantes .....	4
2.3. Protocolo del estudio .....	4
2.4. Modelo de inducción de dolor muscular de aparición tardía .....	5
3.4.1 "Break Test" para cálculo de la carga de ejercicio excéntrico .....	6
2.5. Variables de estudio .....	6
3.5.1. Pico de Fuerza .....	6
3.5.2. Sensibilidad de dolor a la presión.....	6
3.5.3. Escala Likert de dolor y funcionalidad.....	7
3.5.4. Percepción subjetiva de recuperación.....	7
2.6. Análisis estadístico.....	7
2.7. Cálculo del tamaño muestral .....	8
<b>3. RESULTADOS.....</b>	<b>8</b>
3.1. Pico de Fuerza.....	8
3.2. Sensibilidad de dolor a la presión.....	9
3.3. Escala Likert de dolor y funcionalidad .....	9
3.4. Percepción subjetiva de recuperación .....	9
<b>4. DISCUSIÓN .....</b>	<b>13</b>
4.1. Pico de Fuerza.....	12
4.2. Sensibilidad de dolor a la presión.....	14
4.3. Escala Likert y percepción subjetiva de recuperación .....	14
4.4. Fortalezas y limitaciones .....	15
4.5. Futuras líneas de investigación .....	16
<b>5. CONCLUSIÓN .....</b>	<b>16</b>
<b>6. BIBLIOGRAFÍA .....</b>	<b>17</b>
<b>7. ANEXOS .....</b>	<b>21</b>

---

---

## **RESUMEN**

**Introducción:** Las afecciones musculoesqueléticas suponen la causa más común de discapacidad crónica en todo el mundo, afectando a variables como la fuerza isométrica máxima (FIM). Es necesario entender cómo se normalizan este tipo de variables tras un proceso de lesión y dolor, y si esta normalización es homogénea en todas las variables. **Objetivo:** Conocer el tiempo de normalización de la FIM mediante un modelo de dolor en la musculatura epicondílea y si se produce a la misma velocidad que otras variables como la sensibilidad del dolor a la presión o la percepción subjetiva de dolor y recuperación. **Material y métodos:** Estudio transversal. Se valoró bilateralmente la FIM de la musculatura extensora de muñeca, una semana antes del modelo de dolor, justo antes del ejercicio, después del ejercicio, a las 24h, 48h, 72h y una semana después. Se valoró los umbrales de dolor a la presión (bilateralmente en 3 puntos) y se valoró el grado de dolor y funcionalidad mediante una escala Likert modificada. **Resultados:** Se reclutó a un total de 13 sujetos sanos. Se observó una disminución de la FIM de la mano no dominante (RM-ANOVA F (2,4-28),  $p < 0,001$ ) en la valoración post-ejercicio ( $p=0,001$ ) y a las 24h tras el ejercicio ( $P=0,008$ ) en comparación con la valoración pre-ejercicio. La normalización se produce a las 48h. **Discusión/Conclusión:** La FIM y la sensibilidad del dolor a presión se normalizan a las 48h tras el ejercicio, pero difieren de la percepción subjetiva de dolor, que se normaliza a las 72h, y la percepción subjetiva de recuperación, que sigue sin normalizarse a las 72h.

**Palabras clave:** Dolor musculoesquelético crónico, fuerza isométrica máxima, pico de fuerza, umbral de dolor a la presión, tiempo de recuperación

## **ABSTRACT**

**Introduction:** Musculoskeletal conditions are the most common worldwide cause of chronic disability, involving variables such as maximal isometric force (MIF). It is necessary to understand how these types of variables are normalized during an injury and pain process, and if the normalization is homogeneous in all the variables. **Objective:** To know the normalization time in MIF in a model of pain in the epicondylar musculature and if it occurs at the same time as other variables such as the sensitivity of pain to pressure or the subjective perception of pain and recovery. **Materials and methods:** Cross-sectional study. Wrist extensor musculature MIF was bilaterally assessed one week before pain model, just before exercise, after exercise, 24h after, 48h, 72h and one week later. Pressure pain thresholds were assessed (bilaterally in 3 points) and degree of pain and functionality was assessed using a modified Likert Scale. **Results:** A total of 13 healthy subjects were recruited. It was observed a decreased in MIF of the non-dominant hand (RM-ANOVA F (2,4-28),  $p < 0,001$ ) in post-exercise assessment

( $p=0,001$ ) and 24h after the exercise ( $p=0,008$ ) compared to the pre-exercise assessment. Normalization occurs at 48h. **Discussion:** MIF and sensitivity of pain to pressure are normalized at 48h after exercise, but differ from the subjective perception of pain, which normalizes at 72h, and the subjective perception of recovery, which still does not normalize at 72h.

**Key words:** Chronic musculoskeletal pain, maximal isometric force, peak force, pain pressure threshold, time of recovery

## **1. INTRODUCCIÓN**

El dolor crónico supone un grave problema de salud, que está asociado a altos niveles de discapacidad (1). El manejo del dolor crónico puede resultar complicado, ya que se acompaña de síntomas como trastornos del sueño, ansiedad o depresión (2). Además, requiere un alto coste económico en atención médica, lo que lo convierte en uno de los principales problemas de salud pública (3).

Entendemos como dolor crónico aquel dolor que persiste más allá del tiempo normal de curación de los tejidos (4). Se estima que, a nivel mundial, 1 de cada 5 adultos sufren de dolor y 1 de cada 10 adultos son diagnosticados de dolor crónico cada año (5).

Dentro de las amplias manifestaciones del dolor crónico, las afecciones musculoesqueléticas constituyen la causa más común de discapacidad crónica en todo el mundo (6). Las afecciones musculoesqueléticas, incluyen una amplia gama de condiciones inflamatorias y degenerativas, que afectan a músculos, tendones, ligamentos, articulaciones y nervios (7).

Aunque los mecanismos son desconocidos, sabemos que el dolor de origen musculoesquelético condiciona la actividad muscular normal, provocando modificaciones en la función y los patrones de movimiento de las zonas lesionadas, afectando a diferentes variables como la sensibilidad al dolor o la actividad muscular (8). El mantenimiento de las adaptaciones sensoriomotoras que se producen tras una lesión, pueden suponer una simple adaptación de un proceso patológico en el sistema musculoesquelético, pero pasará a ser un problema clínico cuando el mantenimiento de esta alteración persista más allá del tiempo necesario, lo que podría influir en este proceso de cronificación del dolor (9,10).

Como respuesta a los procesos de lesión y dolor, en estudios previos (11–13) se aprecia una disminución de la fuerza isométrica máxima (FIM). No se sabe con exactitud si esta disminución se debe a mecanismos centrales o periféricos del dolor (13) y se atribuye a multitud de factores, como una posible alteración de la activación neuromuscular, alteración de patrones de

co-contracción, falta de control propioceptivo (11), el propio dolor de la lesión (13) y las creencias y la cognición hacia el dolor, así como el miedo o ansiedad (12).

Sin embargo, no en todos los pacientes se aprecia la misma reducción de la FIM (12), ya que cada persona se adapta y responde de forma diferente a los procesos de lesión y dolor. Además, existe una clara falta de evidencia acerca del tiempo que este tipo de variables precisan de media para su normalización en un proceso de curación normal.

En este estudio, se ha tratado de investigar cómo se normaliza esta variable a lo largo del tiempo mediante un modelo de dolor muscular experimental en la musculatura epicondílea y si lo hace a la vez que otras variables como la sensibilidad al dolor y la percepción subjetiva de dolor, funcionalidad y recuperación. Este modelo ha sido utilizado en numerosos estudios previos (14–18) para generar dolor muscular de aparición tardía (comúnmente denominado agujetas) y ha demostrado ser útil para simular, de forma controlada, una lesión muscular.

Es importante realizar este estudio de cara a conocer el proceso de recuperación normal de estas variables y su relación temporal. De este modo, podremos conocer si la recuperación multifactorial es homogénea y transversal a todas las variables, o, por el contrario, unas tienden a recuperarse más rápido que otras.

### **1.1. Objetivos**

El objetivo del estudio fue conocer el tiempo de normalización de la FIM tras un modelo de dolor muscular experimental en la musculatura epicondílea, en relación con otras variables como la sensibilidad del dolor a la presión y la percepción subjetiva de dolor, funcionalidad y recuperación en sujetos sanos.

### **1.2. Hipótesis**

**H<sub>0</sub>:** La alteración de la FIM tras un modelo de dolor experimental de la musculatura epicondílea, se normaliza a la misma velocidad que otras variables como la sensibilidad al dolor y la percepción subjetiva de dolor y recuperación.

**H<sub>1</sub>:** La alteración de la FIM tras un modelo de dolor experimental de la musculatura epicondílea, no se normaliza a la misma velocidad que otras variables como la sensibilidad al dolor y la percepción subjetiva de dolor y recuperación.

## **2. MATERIAL Y MÉTODOS**

### **2.1. Diseño del estudio**

Se llevó a cabo un estudio transversal entre febrero y marzo de 2019. Los datos de los participantes fueron recogidos en 7 sesiones diferentes, con una duración total de 2 semanas para cada participante. Una semana después de la primera medición, se llevó a cabo un protocolo de producción de agujetas mediante ejercicio y se volvieron a hacer las mismas mediciones post-ejercicio, a las 24h, a las 48h, 72h y una última medición una semana después del protocolo de agujetas.

### **2.2. Participantes**

El reclutamiento de los participantes se llevó a cabo en la Universidad San Jorge de Zaragoza, mediante carteles y difusión del estudio por parte de los investigadores en su círculo cercano. Se entregó una hoja informativa a todos los sujetos que se prestaron a participar de forma voluntaria, en la que se explicaba el estudio en detalle (*Anexo 1*).

Los voluntarios fueron seleccionados como sujetos potenciales de estudio si cumplían con los criterios de inclusión y exclusión. Los criterios de inclusión fueron sujetos de entre 18 y 50 años, sanos y sin dolor en la actualidad, obtención del consentimiento informado y capacidad para realizar todas las pruebas, entender el proceso y el objetivo del estudio. Se consideró como criterio de exclusión el uso de medicación de forma crónica, dolor agudo o crónico en cualquier parte del cuerpo en los últimos 3 meses, sujetos con antecedentes de lesión grave en la extremidad superior, diagnóstico de enfermedades graves, presencia de enfermedades relacionadas con procesos de dolor crónico tales como fibromialgia, dolor lumbar crónico o migraña y no compromiso de continuidad. Se estableció como criterio de abandono la decisión propia del paciente y no acudir a las evaluaciones correspondientes.

El estudio se realizó siguiendo la guía clínica STROBE (19) para estudios observacionales. El estudio se realizó de acuerdo a la Declaración de Helsinki (20) y fue aprobado por el Comité Ético de Investigación Clínica de Aragón (C.P.-C.I. PI18/385). Todos los participantes firmaron un consentimiento informado (*Anexo 2*) previo a la participación en el estudio.

### **2.3. Protocolo del estudio**

Tras la obtención del consentimiento informado, se llevó a cabo el mismo procedimiento de evaluación en todas las sesiones. En el presente trabajo de fin de grado, únicamente se midieron las variables que se nombran a continuación, aunque formó parte de un proyecto más grande, en el que se midieron más variables:

1. Cuestionarios: Cuestionario internacional de actividad física, IPAQ (21); Pain Catastrophing Scale, PCS (22); Medical Outcomes Study Sleep Scale, MOS (23) (únicamente en las sesiones 1 y 7)
2. Medidas antropométricas y referencias anatómicas (únicamente en la sesión 1)
3. Escala Likert dolor/función (16–18) y percepción subjetiva de recuperación (únicamente en las sesiones 4,5,6 y 7).
4. Valoración del umbral de dolor a la presión (UDPs) (24)
5. FIM, mediante dinamometría (25,26)
6. Protocolo de agujetas (únicamente en la sesión 2)

Las sesiones de evaluación fueron llevadas a cabo por dos evaluadores al mismo tiempo, los cuales realizaron un entrenamiento previo al comienzo del estudio. La información sobre los días de valoración se explica en detalle en el *Anexo 3*.

Se estableció una posición de valoración común a todos los participantes, en la que debían estar sentados en el borde de una mesa, con rodillas flexionadas a 90°, espalda apoyada completamente en el respaldo, codos en flexión de 90° y a la altura de los hombros, palmas de la mano apoyadas sobre la mesa y dedos relajados (*Anexo 4*). Esta posición ha sido utilizada de forma similar en estudios previos (15).

#### **2.4. Modelo de inducción de dolor muscular de aparición tardía**

Al finalizar el protocolo de valoración de la sesión 2, todos los participantes realizaron una sesión de ejercicio excéntrico de la musculatura epicondílea del brazo no dominante, implicando extensores de muñeca y dedos, sobre todo el extensor radial corto del carpo. Los participantes debían colocarse sentados, con codo extendido sobre el borde de una mesa, flexión de hombro de 70-80°, antebrazo pronado y muñeca sobre una cuña (*Anexo 5*).

El ejercicio se realizó mediante un dispositivo compuesto por una agarradera y dos anclajes metálicos sobre los que se cuelga un peso, ajustado para cada participante en función de su fuerza máxima, que fue calculada previamente. A los participantes se les pidió ejecutar 3 series de 50 repeticiones con un descanso de 2 minutos entre serie (15).

Partiendo de una posición de muñeca neutra, el participante debía resistir de forma controlada la flexión de muñeca provocada por el peso, activando así la musculatura extensora de forma excéntrica. Tras completar cada repetición, el evaluador asistía en el 100% del peso al participante para regresar a la posición de muñeca neutra. El peso se determinó considerando el 90% de la fuerza isométrica máxima, calculada previamente mediante el "break test" (27), y reduciendo un 10% el peso en las siguientes series (80% en la segunda serie y 70% en la

tercera). El evaluador reducía el peso de forma progresiva si la fatiga impedía la correcta ejecución del ejercicio.

#### 2.4.1. "Break Test" para cálculo de la carga de ejercicio excéntrico

El Break Test es una técnica usada para conocer la FIM (27). Previo al modelo de ejercicio excéntrico, se calculó la FIM de los extensores de muñeca del brazo no dominante mediante el empleo de un dinamómetro digital enganchado al anclaje del dispositivo descrito con anterioridad. En la misma posición de ejecución del ejercicio, el evaluador aplicaba una fuerza perpendicular al suelo y el participante debía resistir el movimiento de flexión. Se determinó como valor de FIM el valor en kgs que aparecía en el dispositivo en el momento en el que el participante era incapaz de resistir la fuerza aplicada por el evaluador, y se calculó la media de tres intentos (28).

## **2.5. Variables de estudio**

### 2.5.1. Pico de fuerza

Se estableció como variable principal de estudio la fuerza pico obtenida durante una contracción isométrica máxima de 5 segundos, utilizando un dinamómetro digital (25,26). El dinamómetro (MicroFET®3 Dynamometer, Hogan Health Industries, West Jordan, UT USA) se calibró previamente a cada valoración. Los participantes se encontraban en la posición de valoración establecida, con la muñeca sobre una cuña, una cincha fijaba el dinamómetro al dorso de la mano y otra fijaba el antebrazo contra la mesa. El brazo contrario al que realizaba el test se mantenía lateral al cuerpo para evitar compensaciones (*Anexo 6*).

Se utilizó la aplicación digital "[Tabata-Timer](#)", estableciendo un tiempo de preparación de 4 segundos y un tiempo de trabajo de 5 segundos, proporcionando feedback tanto auditivo como visual a la hora de realizar la contracción. Se registraron 3 intentos para cada mano, empezando siempre con la mano dominante. Para el análisis estadístico, se consideró el valor medio de los 3.

### 2.5.2. Sensibilidad del dolor a la presión

En los procesos de lesión y dolor, existe una alteración en el procesamiento normal de la información nociceptiva, haciendo que la sensibilidad del dolor a la presión se vea normalmente aumentada (29).

Se valoró el umbral de dolor a la presión (UDPs) en 3 puntos del cuerpo, mediante el empleo de un algómetro de presión portátil (Somedic, Hörby, Suecia), con una sonda de 1cm<sup>2</sup>. El algómetro se calibró previamente a cada una de las sesiones de valoración. Se establecieron los siguientes puntos de valoración:

1. Sobre músculo deltoides, en el punto medio entre acromion y su inserción en la "V" deltoidea (30).
2. Sobre músculo extensor radial corto del carpo, en un punto situado a 4-5cm del epicóndilo lateral, en su punto más prominente (31).
3. Sobre músculo tibial anterior, 4-5cm por debajo de la cabeza del peroné (30).

Los participantes se colocaban siguiendo la posición de valoración establecida y el evaluador ejercía una presión que aumentaba progresivamente a 30kPa/s. Cuando el participante determinaba que esta presión pasaba a ser mínimamente dolorosa (1 sobre 10 en una escala visual analógica) presionaba un botón, quedando registrado el valor umbral. Se efectuaron 2 mediciones en cada punto y de forma bilateral, empleando para el análisis estadístico la media de los dos valores obtenidos en cada punto (14).

### *2.5.3. Escala Likert de dolor y funcionalidad*

A partir de la sesión 4, se midió la intensidad del dolor y la limitación funcional producida por el ejercicio, mediante una escala Likert modificada de 6 ítems. Este tipo de escala ha sido empleada en múltiples estudios y es considerada de alta validez y fiabilidad (16–18).

Los participantes podían puntuar su sensación de la siguiente manera: (0) si ausencia de dolor; (1) mínimo dolor al tocar; (2) ligero dolor al tocar; (3) ligero dolor al mover el brazo o al levantar objetos; (4) dolor severo, cantidad notable de dolor al mover objetos o debilidad; (5) incapacidad de producir movimiento en el brazo o mover objetos debido al dolor.

### *2.5.4 Percepción subjetiva de recuperación*

Además de la Escala Likert, los participantes indicaron en una escala su percepción subjetiva de recuperación (32) a partir de la sesión 4. En una línea de 10cm de largo, los participantes marcaron en qué punto de recuperación entre 0 (totalmente incapacitado) y 100 (completamente recuperado) se encontraban (*Anexo 7*). Se midió la distancia entre el inicio de la línea y el punto marcado, obteniendo un valor en milímetros correspondiente al porcentaje de recuperación.

## **2.6. Análisis estadístico**

Se empleó el programa SPSS statistics versión 23 para Windows para el análisis estadístico. En primer lugar, se llevó a cabo un análisis descriptivo, utilizando estadísticos de tendencia central (medias) y dispersión (desviación estándar), para variables cuantitativas.

En segundo lugar, se utilizó el test de Shapiro-Wilk para conocer si las variables seguían una distribución normal.

Por último, para comparaciones intrasujeto, se utilizó un análisis de varianza (ANOVA) con medidas repetidas de un único factor y aplicando una corrección de Bonferroni de comparaciones múltiples. Únicamente para la escala Likert, se utilizó una ANOVA de Friedman debido a que los datos no siguieron una distribución normal. Se asumió un nivel de significación  $p < 0,05$ .

## **2.7. Cálculo del tamaño muestral**

El tamaño muestral necesario se calculó mediante la utilización del programa G\*Power (33) (versión 3.1.9.2, Departamento de Psicología Experimental, Universidad Heinrich-Heine, Dusseldorf, Alemania), con un nivel de significación del 5%, una potencia estadística del 80% y una  $f$  de Cohen de 0,25 (tamaño del efecto medio), contemplando la realización de un test ANOVA de medidas repetidas. Siguiendo las recomendaciones de la literatura<sup>23</sup>, se asumió una correlación mínima entre medidas repetidas de 0,8 y en previsión de una posible tasa de abandonos del 10%, el análisis mostró que se requerían un mínimo de 11 sujetos.

## **3. RESULTADOS**

Se incluyeron un total de 13 participantes. No se produjo ningún abandono, por lo que el total de los participantes completó el estudio. De acuerdo a las puntuaciones obtenidas en los cuestionarios de dolor, funcionalidad y recuperación, un participante no desarrolló agujetas, aunque se le incluyó igualmente en el posterior análisis estadístico.

Además, debido a un hematoma en la mano dominante, uno de los participantes no pudo completar la prueba de dinamometría los dos últimos días de valoración. No obstante, se obtuvieron sus datos mediante Intención de Tratar, imputando el valor medio de las cuatro mediciones anteriores (34).

En la *Tabla 1* se muestran las características basales previas al inicio del estudio.

### **3.1. Pico de fuerza**

Se observó una disminución significativa en el pico de fuerza de la mano no dominante (RM-ANOVA F (2,4-28),  $P < 0,001$ ) únicamente en la valoración inmediatamente post-ejercicio (Bonferroni  $P=0,001$ ) y en la valoración a las 24h tras el ejercicio (Bonferroni  $P=0,008$ ) en comparación con la valoración pre-ejercicio (Tabla 2).

No se observaron diferencias significativas en ninguna de las valoraciones en comparación con la valoración pre-ejercicio para los valores obtenidos en la mano dominante (RM-ANOVA F (2,5-30),  $P=0,628$ ) (Tabla 2).

### **3.2. Sensibilidad del dolor a la presión**

Se observó una disminución del UDP en el extensor radial corto de la mano no dominante (RM-ANOVA F (2,7-33), P <0,001), en la valoración a las 24h post-ejercicio (Bonferroni P=0,006) en comparación con la valoración pre-ejercicio (Tabla 3).

### **3.3. Escala Likert de dolor y funcionalidad**

El 61,5% del total de los participantes obtuvo una mediana de 3 a las 24h del ejercicio, que se mantuvo a las 48h. El 100% de los participantes obtuvo una mediana de 0 una semana después del ejercicio (Tabla 4).

Se observó un aumento significativo en la mediana obtenida en la valoración a las 24h post-ejercicio (Friedman P <0,001) y a las 48h (Friedman P <0,001) en comparación con la valoración pre-ejercicio (Tabla 4).

### **3.4. Percepción subjetiva de recuperación**

Se observó una disminución significativa en el porcentaje de la percepción de recuperación (RM-ANOVA F (2,2-26), P <0,001) en la valoración a las 24h post-ejercicio (Bonferroni P=0,00038), a las 48h (Bonferroni P=0,00036) y a las 72h (Bonferroni P=0,014) en comparación con la sesión de valoración pre-ejercicio (Tabla 5).

Variables		Media $\pm$ DE
Edad (años)		24,6 $\pm$ 3,2
Sexo (n)		
	Mujeres	6
	Hombres	7
Dominancia (n)		
	Diestro	11
	Zurdo	2
IMC (kg/m <sup>2</sup> )		
Valores antropométricos		
Dominante	Perímetro antebrazo (cm)	25,7 $\pm$ 2,9
	Perímetro muñeca (cm)	15,7 $\pm$ 1,8
	Diámetro biepic H (cm)	5,8 $\pm$ 0,7
	Diámetro biest muñeca (cm)	4,7 $\pm$ 0,3
	PC punto medio (mm)	6,5 $\pm$ 2,2
	PC punto máximo (mm)	6,9 $\pm$ 2,4
No Dominante	Perímetro antebrazo (cm)	25,4 $\pm$ 2,6
	Perímetro muñeca (cm)	15,6 $\pm$ 1,2
	Diámetro biepic H (cm)	5,8 $\pm$ 0,8
	Diámetro biest (cm)	4,7 $\pm$ 0,3
	PC punto medio (mm)	6,5 $\pm$ 2,2
	PC punto máximo (mm)	7,2 $\pm$ 2,3

Tabla 1. Características basales

Datos de estadísticos descriptivos.

DE: Desviación estándar; n: número de sujetos; IMC: Índice de masa corporal; biepic H: biepicondilar húmero; biest: biestiloideo; PC: pliegue cutáneo;

Tabla 2. Valores de pico de fuerza en Newtons para cada valoración

Pico de fuerza (N)	Pre ejercicio (v2)	Post ejercicio (v3)	24h (v4)	48h (v5)	72h (v6)	1 semana (v7)
Mano dominante	145 ± 46	136 ± 44	140 ± 37	141 ± 41	141 ± 42	144 ± 40
Mano no dominante	130 ± 72	84 ± 35*	100 ± 31*	113 ± 32	112 ± 38	122 ± 35

Test ANOVA de medidas repetidas

Datos expresados en media ± desviación estándar. Nivel de significación  $p < 0,05$ . IC: 95%

\*Bonferroni: Diferencias significativas intrasujeto respecto a v2; N: Newtons; v: valoración; h: horas

Tabla 3. Valores de umbral de dolor a la presión en cada valoración

UDPs (kPa)		Pre ejercicio (v2)	Post ejercicio (v3)	24h (v4)	48h (v5)	72h (v6)	1 semana (v7)
Dominante	Deltoides	191 ± 73	213 ± 84	201 ± 74	221 ± 100	220 ± 94	231 ± 94
	ERC	183 ± 91	195 ± 96	180 ± 76	203 ± 95	196 ± 115	206 ± 118
	Tibial Anterior	349 ± 176	375 ± 118	342 ± 124	365 ± 142	367 ± 145	393 ± 163
No Dominante	Deltoides	230 ± 105	238 ± 114	224 ± 111	228 ± 144	238 ± 140	262 ± 149
	ERC	192 ± 85	239 ± 125	129 ± 64*#	168 ± 108#	188 ± 98	219 ± 115
	Tibial Anterior	301 ± 143	306 ± 121	302 ± 122	305 ± 158	314 ± 157	361 ± 170

Test ANOVA de medidas repetidas

Datos expresados en media ± desviación estándar. Nivel de significación  $p < 0,05$ . IC: 95%

\*Bonferroni: Diferencias significativas intrasujeto respecto a v2; #Bonferroni: Diferencias significativas intrasujeto respecto a v3 UDPs: umbral de dolor a la presión; v: valoración; h: horas; ERL: Extensor radial corto; kPa: Kilopascales

Tabla 4. Frecuencia de puntuaciones y mediana [Rango intercuartil] para la Escala Likert

	Pre ejercicio (v2)	Post ejercicio (v3)	24h (v4)	48h (v5)	72h (v6)	1 semana (v7)
Frecuencia para cada puntuación (n (%))						
0	13 (100)	-	1 (7,7)	1 (7,7)	1 (7,7)	13 (100)
1	0	-	0	0	3 (23,1)	0
2	0	-	2 (15,4)	2 (15,4)	6 (46,2)	0
3	0	-	8 (61,5)	8 (61,5)	3 (23,1)	0
4	0	-	2 (15,4)	2 (15,4)	0	0
5	0	-	0	0	0	0
Total	13 (100)	-	13 (100)	13 (100)	13 (100)	13 (100)
Puntuación obtenida (Me [RI])	0	-	3 [2,5-3]*	3 [2,5-3]*	2 [1-2,5]	0

Test ANOVA de medidas repetidas de Friedman

Nivel de significación  $p < 0,05$ . IC: 95%

\*Bonferroni: Diferencias significativas intrasujeto respecto a v2; v: valoración; h: horas; Me: mediana; RI: Rango Intercuartil; n: número de sujetos. 0: Ausencia completa de dolor; 1: Mínimo dolor al tocar; 2: Ligero dolor al tocar; 3: Ligero dolor al mover el brazo o al levantar objetos; 4: Dolor severo, cantidad de dolor notable al mover objetos o debilidad; 5: Incapaz de producir movimiento en el brazo o mover objetos debido al dolor

Tabla 5. Porcentaje de recuperación para cada valoración

	Pre ejercicio (v2)	Post ejercicio (v3)	24h (v4)	48h (v5)	72h (v6)	1 semana (v7)
Recuperación (%)	100	-	58 ± 23*	62 ± 19*	77 ± 19*	97 ± 4

Test ANOVA de medidas repetidas

Datos expresados en media ± desviación estándar. Nivel de significación  $p < 0,05$ . IC: 95%

\*Bonferroni: Diferencias significativas intrasujeto respecto a v2; v: valoración; h: horas;

#### **4. DISCUSIÓN**

El objetivo de este estudio fue conocer el tiempo que tardaba la FIM en reestablecer sus valores previos a la realización de un modelo de dolor en la musculatura y observar si este tiempo de normalización coincide con otras variables como la sensibilidad del dolor a la presión y la percepción subjetiva de dolor, funcionalidad y recuperación. Se planteó como hipótesis que la alteración de la FIM tras un modelo de dolor experimental de la musculatura epicondílea, no se normaliza a la misma velocidad que otras variables como la sensibilidad al dolor y la percepción subjetiva de dolor y recuperación. Hemos mostrado evidencia de que tanto la FIM como la sensibilidad del dolor a la presión se normalizan a la vez, pero no coincide con el tiempo de normalización de la percepción subjetiva de dolor, funcionalidad y recuperación.

##### **4.1. Pico de fuerza**

En este estudio, se ha observado que los participantes experimentan una clara disminución del pico de fuerza durante una contracción isométrica máxima justo después del ejercicio, tal y como se observa en estudios previos (12,13,35). Esta reducción de la fuerza se mantiene únicamente en la valoración a las 24 horas tras el ejercicio, y se normaliza en la valoración a las 48 horas tras el ejercicio. A pesar de que estos valores se normalicen a las 48 horas, en ninguna valoración a lo largo de toda la semana se logra alcanzar el valor de fuerza obtenido en la primera valoración al inicio del estudio. *Prasartwuth O. et al. 2005*, observan gran déficit en la fuerza de los flexores de codo justo después del ejercicio, pero, a diferencia de los resultados obtenidos en nuestro estudio, este déficit se mantiene cuatro días después del ejercicio (35). *Fleckenstein J. et al. 2017*, obtuvieron una reducción de la fuerza isométrica voluntaria a las 24h y a las 72h tras el ejercicio, pero no a las 48h (36).

No obstante, se debería tener en cuenta que esta gran reducción del pico de fuerza producida justo después del ejercicio, podría deberse realmente a la fatiga muscular y no a un proceso lesional o de dolor en sí. Varios estudios hablan acerca de la relación existente entre la fatiga muscular, ejercicio y fuerza (37,38). Sin embargo, el hecho de que en este estudio el pico de fuerza siga viéndose reducido 24h después del ejercicio, nos estaría indicando una disminución real de la fuerza debido a un proceso de lesión y dolor en adición a la posible fatiga.

El pico de fuerza obtenido en una curva Fuerza-Tiempo nos indica el valor de fuerza máximo alcanzado durante una contracción isométrica máxima, pero no nos aporta información sobre cómo ha sido esa contracción, ya que representa un momento instantáneo a lo largo de toda la contracción. En estudios de otros campos dentro de la Fisioterapia, se han utilizado variables como la forma de la curva (39), la tasa de desarrollo de la fuerza (40), el área integrada bajo la

curva (41) e incluso la pendiente de la curva (42). Existe falta de estudios que nos ofrezca resultados sobre cómo influye una lesión muscular en los parámetros comentados de la curva Fuerza-Tiempo. La mayoría de los estudios encontrados, se limitan a valorar únicamente la fuerza máxima, y están dejando sin analizar una información muy valiosa y relevante, como lo es el análisis de la curva Fuerza-Tiempo.

#### **4.2. Sensibilidad del dolor a la presión**

Se ha observado que participantes sanos sometidos a un modelo de dolor muscular en la musculatura extensora de muñeca, experimentan una disminución de los valores del UDP únicamente en el músculo extensor radial largo, en la valoración a las 24h tras la realización del ejercicio, con respecto a los valores iniciales pre-ejercicio. En la valoración a las 48h tras el ejercicio, los valores siguen levemente disminuidos, pero no son significativos respecto a la valoración inicial pre-ejercicio, lo que nos indicaría que es a partir de las 48h cuando se produce la normalización del tejido. Esta disminución de los UDPs concuerda con los resultados obtenidos en estudios previos (15–17,29,36). Contrario a lo obtenido en nuestro estudio, *Fleckenstein J. et al. 2017*, muestran que los valores de UDP siguen disminuidos incluso 72h más tarde, produciéndose la normalización a las 96h tras el ejercicio (36). *Lau W.Y. et al. 2013*, mostraron que los UDPs seguían reducidos 96h después de la realización de ejercicio (43).

Es frecuente encontrar estudios que hablen sobre la hipoalgesia inducida por el ejercicio, un tipo de modulación del dolor, que, tras la práctica de ejercicio, produce un aumento de los valores de UDP, aumenta la tolerancia al dolor y reduce la intensidad del dolor (44). En nuestro estudio, hay una cierta tendencia a que los UDPs se vean aumentados justo después de la realización del ejercicio, aunque este aumento no ha sido significativo, lo que nos hace descartar que se produzca este fenómeno con el tamaño muestral analizado.

*Somprasong S. et al. 2015* sugiere que los UDPs dependen de cómo de blando sea un tejido, por lo tanto, pueden indicar la respuesta del umbral de dolor a la presión, pero propone combinar los UDPs con otro tipo de medición, como el umbral de dolor de desplazamiento (el desplazamiento de la sonda del algómetro sobre la piel en milímetros, mientras se mide el UDP), lo que podría servirnos para determinar con más exactitud el estado del tejido (45).

#### **4.3. Escala Likert y percepción subjetiva de recuperación**

Se ha observado que la mediana de puntuación obtenida en la Escala Likert experimenta un aumento significativo a las 24h y a las 48h después del ejercicio, con respecto a la valoración inicial pre-ejercicio. A partir de las 72h tras el ejercicio, la mediana de puntuación obtenida deja de ser significativa, por lo que es a las 72h cuando se normaliza esta variable. Una semana después del ejercicio, el 100% de la muestra puntuó con un 0, lo que nos indica que el total de

la muestra refería una ausencia completa de dolor y una completa funcionalidad. Estos resultados han sido similares a los obtenidos en otros en los que se ha utilizado esta escala para valorar el dolor muscular (46). *Ayles S. et al. 2011* muestran diferencias significativas en la puntuación obtenida a las 24h y a las 48h tras el ejercicio, normalizándose esta variable a las 72h (46). En cambio, *Brockett et al. 2001* muestran que esta variable sigue alterada a las 72h, produciéndose la normalización a las 96h tras el ejercicio (47).

El hecho de que la puntuación obtenida en la valoración a las 72h no sea estadísticamente significativa podría deberse al escaso tamaño muestral. Un aumento del tamaño muestral podría suponer la obtención de valores significativos a las 72h tras el ejercicio, reduciéndose así la posibilidad de cometer un error tipo II.

En cuanto al porcentaje de recuperación, se ha observado una disminución significativa en la valoración a las 24h tras el ejercicio, a las 48h y a las 72h. Mientras que la sensación de dolor y limitación funcional medida por la Escala Likert se normaliza a las 72h, la percepción subjetiva de recuperación sigue sin normalizarse a las 72h. Esto nos indica que, aunque la sensación de dolor y funcionalidad que tienen los participantes esté normalizada, aún no se ha producido la recuperación, ya que ésta sigue alterada. Una semana después de la realización del ejercicio, el porcentaje de recuperación se encuentra normalizado y los participantes refieren estar completamente recuperados. Este tipo de escala ha sido empleada en estudios previos, y los resultados obtenidos nos sugiere que es más sensible a detectar cambios que la Escala Likert.

#### **4.4. Fortalezas y limitaciones**

Se ha seguido un riguroso protocolo basado en evidencia previa, mediante el empleo de instrumentos de valoración válidos y fiables. Este protocolo ha sido llevado a cabo por varios examinadores que lo han aplicado de igual manera para todos los participantes, gracias a un entrenamiento previo, reduciendo de este modo la aparición de sesgos. Aunque únicamente mediante el empleo de un dinamómetro digital se puede obtener el valor de pico de fuerza durante una contracción isométrica máxima, la obtención en un ordenador de una gráfica a tiempo real de esta contracción (39,42), nos permite asegurar una correcta ejecución y disminuir posibles errores en los resultados. Aunque uno de los participantes no desarrollara agujetas, el hecho de incluirlo en el análisis estadístico hace que seamos más conservadores, obteniendo así resultados más robustos.

No obstante, existen ciertos puntos que podrían limitar el estudio. El hecho de que este trabajo de fin de grado forme parte de un proyecto más amplio y haya más personas involucradas, hace que no siempre realicen las sesiones de valoración los mismos evaluadores y, aunque se ha intentado que sea el mismo evaluador el que mida siempre la misma variable

en un mismo participante, en alguna ocasión debido a incompatibilidades de horario, esto no ha sido posible. La gran cantidad de sesiones de valoración (6 días diferentes), y el hecho indispensable de requerir de vehículo para desplazarse hasta la Universidad donde se ha realizado el estudio, puede condicionar a que un posible participante rechace participar en el estudio. La aparición de estímulos externos al estudio, pueden condicionar los resultados y suponer una limitación, como, por ejemplo, un simple resfriado o la realización de ejercicio que suponga mayor esfuerzo de lo normal y, aunque se hayan considerado como criterios de exclusión, es posible que el participante no dé a conocer estos hechos a los investigadores. La presencia de participantes de origen francés puede suponer una barrera a la hora de entender la correcta realización de las pruebas.

#### **4.5. Futuras líneas de investigación**

Dentro de las futuras líneas de investigación posibles sería interesante realizar el mismo protocolo en otro tipo de musculatura o bien en la mano dominante. La mano dominante tiene mayor implicación en la vida cotidiana, por lo que la percepción subjetiva de dolor y funcionalidad podría cambiar. Además, podría valorarse si se reduce el uso de la mano dominante en la vida diaria, como respuesta de adaptación a un proceso de lesión y dolor.

Podría ser de gran interés centrarse específicamente en la FIM mediante un análisis más exhaustivo de la curva Fuerza-Tiempo y utilizando variables como el área integrada bajo la curva, la forma de la curva o la tasa de desarrollo de la fuerza. Esto ayudaría de cara a entender el comportamiento de la fuerza con mayor exactitud. La repetición de este estudio en los mismos participantes podría ayudar a comprobar la fiabilidad del propio protocolo y ver si se producen los mismos resultados ante la aplicación del mismo estímulo, o, por el contrario, si se produce un proceso de entrenamiento.

### **5. CONCLUSIÓN**

Mediante la aplicación de un modelo de dolor experimental de la musculatura epicondilea, las variables de estudio han seguido diferentes tiempos de normalización. Variables como la FIM y la sensibilidad del dolor a la presión comparten tiempo de normalización, mientras que la percepción subjetiva de dolor y funcionalidad, así como la percepción subjetiva de recuperación, tienen tiempos de normalización diferentes. Estos resultados pueden resultar importantes de cara a entender de forma más objetiva qué es un proceso de recuperación normal tras un proceso de lesión y dolor. De esta forma, podría ser más fácil desarrollar e implementar estrategias para el manejo de pacientes con dolor musculoesquelético crónico

## **6. BIBLIOGRAFÍA**

1. Hylands-White N, Duarte R V., Raphael JH. An overview of treatment approaches for chronic pain management. *Rheumatol Int.* 2017 Jan 23;37(1):29–42.
2. Knoerl R, Lavoie Smith EM, Weisberg J. Chronic Pain and Cognitive Behavioral Therapy. *West J Nurs Res.* 2016 May 24;38(5):596–628.
3. Gewandter JS, Dworkin RH, Turk DC, Farrar JT, Fillingim RB, Gilron I, et al. Research design considerations for chronic pain prevention clinical trials: IMMPACT recommendations. *Pain.* 2015 Jul;156(7):1184–97.
4. Treede R-D, Rief W, Barke A, Aziz Q, Bennett MI, Benoliel R, et al. A classification of chronic pain for ICD-11. *Pain.* 2015 Mar;156(6):1.
5. Goldberg DS, McGee SJ. Pain as a global public health priority. *BMC Public Health.* 2011 Dec 6;11(1):770.
6. Connelly LB, Woolf A, Brooks P. Cost-Effectiveness of Interventions for Musculoskeletal Conditions. *Disease Control Priorities in Developing Countries.* 2006.
7. Punnett L, Wegman DH. Work-related musculoskeletal disorders: the epidemiologic evidence and the debate. *J Electromyogr Kinesiol.* 2004 Feb;14(1):13–23.
8. Verbrugghe J, Knippenberg E, Palmaers S, Matheve T, Smeets W, Feys P, et al. Motion detection supported exercise therapy in musculoskeletal disorders: a systematic review. *Eur J Phys Rehabil Med.* 2018 Aug;54(4):591–604.
9. Woolf AD, Pfleger B. Burden of major musculoskeletal conditions. *Bull World Health Organ.* 2003;81(9):646–56.
10. Hodges P, van den Hoorn W, Dawson A, Cholewicki J. Changes in the mechanical properties of the trunk in low back pain may be associated with recurrence. *J Biomech.* 2009 Jan 5;42(1):61–6.
11. Sterling M, Jull G, Wright A. The effect of musculoskeletal pain on motor activity and control. *J Pain.* 2001 Jun;2(3):135–45.
12. Salomoni S, Tucker K, Hug F, McPhee M, Hodges P. Reduced Maximal Force during Acute Anterior Knee Pain Is Associated with Deficits in Voluntary Muscle Activation. *PLoS One.* 2016 Aug 25;11(8):e0161413.

13. Graven-Nielsen T, Lund H, Arendt-Nielsen L, Danneskiold-Samsøe B, Bliddal H. Inhibition of maximal voluntary contraction force by experimental muscle pain: A centrally mediated mechanism. *Muscle Nerve*. 2002 Nov;26(5):708–12.
14. Doménech-García V, Palsson TS, Herrero P, Graven-Nielsen T. Pressure-induced referred pain is expanded by persistent soreness. *Pain*. 2016 May;157(5):1164–72.
15. Slater H, Arendt-Nielsen L, Wright A, Graven-Nielsen T. Experimental deep tissue pain in wrist extensors—a model of lateral epicondylalgia. *Eur J Pain*. 2003 Jun;7(3):277–88.
16. Gibson W, Arendt-Nielsen L, Graven-Nielsen T. Delayed onset muscle soreness at tendon–bone junction and muscle tissue is associated with facilitated referred pain. *Exp Brain Res*. 2006 Sep 25;174(2):351–60.
17. Gibson W, Arendt-Nielsen L, Taguchi T, Mizumura K, Graven-Nielsen T. Increased pain from muscle fascia following eccentric exercise: animal and human findings. *Exp Brain Res*. 2009 Apr 21;194(2):299–308.
18. Larsen LH, Hirata RP, Graven-Nielsen T. Pain-evoked trunk muscle activity changes during fatigue and DOMS. *Eur J Pain*. 2017 May;21(5):907–17.
19. Von Elm E, Altman DG, Egger M, Pocock SJ, Peter J, Go C, et al. ARTÍCULO ESPECIAL Declaración de la Iniciativa STROBE (Strengthening the Reporting of Observational studies in Epidemiology): directrices para la comunicación de estudios observacionales (The Strengthening the Reporting of Observational Studies in Epidemiology [STROBE] statement: guidelines for reporting observational studies). Vol. 22, *Gac Sanit*. 2008.
20. General Assembly of the World Medical Association. World Medical Association Declaration of Helsinki: ethical principles for medical research involving human subjects. *J Am Coll Dent*. 2014;81(3):14–8.
21. Hagströmer M, Oja P, Sjöström M. The International Physical Activity Questionnaire (IPAQ): a study of concurrent and construct validity. *Public Health Nutr*. 2006 Sep;9(6):755–62.
22. Zafra AO, Toro EO, Cano LA. Validación de la escala de catastrofismo ante el dolor (Pain Catastrophizing Scale) en deportistas españoles. *Cuad Psicol del Deport*. 2013;13(1):83–94.
23. Hays RD, Martin SA, Sesti AM, Spritzer KL. Psychometric properties of the Medical Outcomes Study Sleep measure. *Sleep Med*. 2005 Jan;6(1):41–4.
24. Walton D, MacDermid J, Nielson W, Teasell R, Chiasson M, Brown L. Reliability, Standard Error, and Minimum Detectable Change of Clinical Pressure Pain Threshold Testing in

- 
- People With and Without Acute Neck Pain. *J Orthop Sport Phys Ther.* 2011 Sep;41(9):644–50.
25. Grooten WJA, Äng BO. Reliability of measurements of wrist extension force obtained with a Nicholas Manual Muscle Tester (NMMT). *Physiother Theory Pract.* 2010 Jan 16;26(4):281–7.
  26. Schrama PPM, Stenneberg MS, Lucas C, van Trijffel E. Intraexaminer Reliability of Hand-Held Dynamometry in the Upper Extremity: A Systematic Review. *Arch Phys Med Rehabil.* 2014 Dec;95(12):2444–69.
  27. Bohannon RW. Make Tests and Break Tests of Elbow Flexor Muscle Strength. *Phys Ther.* 1988 Feb 1 [cited 2019 May 14];68(2):193–4.
  28. Phillips BA, Lo SK, Mastaglia FL. Muscle force measured using “break” testing with a hand-held myometer in normal subjects aged 20 to 69 years. *Arch Phys Med Rehabil.* 2000 May;81(5):653–61.
  29. FERNÁNDEZ-CARNERO J, BINDERUP AT, GE H-Y, FERNÁNDEZ-DE-LAS-PEÑAS C, ARENDT-NIELSEN L, MADELEINE P. Pressure Pain Sensitivity Mapping in Experimentally Induced Lateral Epicondylalgia. *Med Sci Sport Exerc.* 2010 May;42(5):922–7.
  30. Alburquerque-Sendín F, Camargo PR, Vieira A, Salvini TF. Bilateral Myofascial Trigger Points and Pressure Pain Thresholds in the Shoulder Muscles in Patients With Unilateral Shoulder Impingement Syndrome. *Clin J Pain.* 2013 Jun;29(6):478–86.
  31. Riek S, Carson RG, Wright A. A new technique for the selective recording of extensor carpi radialis longus and brevis EMG. *J Electromyogr Kinesiol.* 2000 Aug;10(4):249–53.
  32. Kamper SJ, Maher CG, Mackay G. Global Rating of Change Scales: A Review of Strengths and Weaknesses and Considerations for Design. *J Man Manip Ther.* 2009 Jul 18;17(3):163–70.
  33. Faul F, Erdfelder E, Buchner A, Lang A-G. Statistical power analyses using G\*Power 3.1: Tests for correlation and regression analyses. *Behav Res Methods.* 2009 Nov;41(4):1149–60.
  34. Yelland LN, Sullivan TR, Voysey M, Lee KJ, Cook JA, Forbes AB. Applying the intention-to-treat principle in practice: Guidance on handling randomisation errors. *Clin Trials J Soc Clin Trials.* 2015 Aug;12(4):418–23.
  35. Prasartwuth O, Taylor JL, Gandevia SC. Maximal force, voluntary activation and muscle soreness after eccentric damage to human elbow flexor muscles. *J Physiol.* 2005 Aug;567(1):337–48.

36. Fleckenstein J, Simon P, König M, Vogt L, Banzer W. The pain threshold of high-threshold mechanosensitive receptors subsequent to maximal eccentric exercise is a potential marker in the prediction of DOMS associated impairment. *PLoS One*. 2017 Oct 6;12(10):e0185463.
37. Marina M, Rios M, Torrado P, Busquets A, Angulo-Barroso R. Force-time course parameters and force fatigue model during an intermittent fatigue protocol in motorcycle race riders. *Scand J Med Sci Sports*. 2015 Jun;25(3):406–16.
38. Carroll TJ, Taylor JL, Gandevia SC. Recovery of central and peripheral neuromuscular fatigue after exercise. *J Appl Physiol*. 2017 May 1;122(5):1068–76.
39. Cormie P, McBride JM, McCaulley GO. Power-Time, Force-Time, and Velocity-Time Curve Analysis of the Countermovement Jump: Impact of Training. *J Strength Cond Res*. 2009 Jan;23(1):177–86.
40. Sahaly R, Vandewalle H, Driss T, Monod H. Maximal voluntary force and rate of force development in humans - importance of instruction. *Eur J Appl Physiol*. 2001 Aug 1;85(3–4):345–50.
41. De Dobbeleer L, Beyer I, Njemini R, Pleck S, Zonnekeijn N, Mets T, et al. Force-time characteristics during sustained maximal handgrip effort according to age and clinical condition. *Exp Gerontol*. 2017 Nov;98:192–8.
42. Shechtman O, Sindhu BS, Davenport PW. Using the Force-Time Curve to Detect Maximal Grip Strength Effort. *J Hand Ther*. 2007 Jan;20(1):37–48.
43. Lau WY. Visual Analog Scale and Pressure Pain Threshold for Delayed Onset. 2013;21(November):320–6.
44. Koltyn KF, Brellenthin AG, Cook DB, Sehgal N, Hillard C. Mechanisms of Exercise-Induced Hypoalgesia. *J Pain*. 2014 Dec;15(12):1294–304.
45. Somprasong S, Mekhora K, Vachalathiti R, Pichaiyongwongdee S. Correlation between Pressure Pain Threshold and Soft Tissue Displacement in Muscle Pain Conditions. *J Med Assoc Thai*. 2015 Jun;98 Suppl 5:S68-73.
46. Ayles S, Graven-Nielsen T, Gibson W. Vibration-induced afferent activity augments delayed onset muscle allodynia. *J Pain*. 2011;12(8):884–91.
47. Brockett CL, Morgan DL, Proske U. Human hamstring muscles adapt to eccentric exercise by changing optimum length. *Med Sci Sports Exerc*. 2001 May;33(5):783–90.

## **7. ANEXOS**

### ***Anexo 1. Hoja informativa del estudio***

**Código estudio: iPhysio\_DOMS-epi**

**Fecha** \_\_\_/\_\_\_/\_\_\_

## **Relación temporal en la recuperación de variables sensoriales, motoras y tisulares en un modelo de dolor muscular experimental de la musculatura epicondílea**

*Versión 1.0 de 09/12/2018*

**En caso de duda puede contactar con el investigador principal Víctor Doménech**

([vdomenech@usj.es](mailto:vdomenech@usj.es)) o con Pablo Bellosta ([pbellosta@usj.es](mailto:pbellosta@usj.es)), en el teléfono 976060100.

Mediante la presente, le invitamos a participar a formar parte de un estudio de investigación que se llevará a cabo en la Universidad San Jorge. Su participación es clave para poder seguir mejorando el conocimiento científico relacionado con los procesos de recuperación de la sensibilidad al dolor, del movimiento y de las propiedades de los tejidos tras una lesión musculoesquelética. Antes de tomar ninguna decisión, nos gustaría que:

- Lea este documento en su totalidad.
- Entienda toda la información que dicho documento contiene y, de no ser así, pueda dirigirse a cualquiera de los investigadores que figuran en la parte superior de este documento para aclarar sus dudas.
- Si finalmente decide participar en el estudio, deberá firmar el consentimiento informado. Se le entregará una copia de este documento y del consentimiento informado, por favor, guárdelo por si necesita consultarlo más adelante.
- Su participación es completamente voluntaria y si decide no participar, no afectará a su asistencia o relación con el investigador y su equipo. Asimismo, le recordamos que es libre de abandonar el estudio en cualquier momento que usted lo desee.

### **Los objetivos del proyecto:**

El objetivo del estudio es observar, en personas sanas y asintomáticas, el proceso de recuperación normal de variables sensoriales, de movimiento y del tejido tras un episodio de "agujetas" en la musculatura epicondílea (en el antebrazo).

### **Número de encuentros y duración:**

El estudio se llevará a cabo íntegramente en las instalaciones de la Universidad San Jorge en un total de 6 encuentros, repartidos en un periodo de 2 semanas. Las sesiones 1 y 2 tendrán una duración aproximada de 60 y 90 minutos respectivamente; mientras que las sesiones 3 a 6 tendrán una duración de 30 minutos.

### **Descripción del procedimiento durante las sesiones:**

Durante la primera sesión le preguntarán acerca de su historia clínica y otras preguntas de carácter general para asegurar si cumple con los criterios de inclusión del estudio. Se rellenarán 2 cuestionarios relativos a experiencias pasadas de dolor y a la calidad del sueño. Posteriormente se procederá a la valoración que es común a todas las sesiones, que durante la primera sesión se realizará por duplicado.

La valoración común a todas las sesiones comienza con la valoración de los umbrales de dolor a la presión con un algómetro en 3 puntos bilateralmente (en el antebrazo, en el hombro y en la parte baja de la pierna). A continuación, se realiza una prueba de destreza manual y, seguidamente, se valora bilateralmente el rango de movimiento de la muñeca. Posteriormente se valora la fuerza isométrica máxima usando un dinamómetro, al mismo tiempo que se registra la actividad muscular mediante electromiografía (unos parches que van pegados a la piel). Finalmente se valorarán las propiedades mecánicas (rigidez, elasticidad, etc.) de la musculatura del antebrazo con un miotonómetro y el estado de los diferentes tejidos (músculo, tendón, etc.) con un ecógrafo.

El segundo encuentro, 7 días después del primero, comenzará con la valoración común para, así, conocer las variaciones normales en las diferentes variables que existen en personas sanas en un periodo de 1 semana. Tras esta valoración inicial, se procederá a realizar un ejercicio excéntrico para la musculatura del antebrazo, con el objetivo de producir dolor muscular de aparición tardía (lo que comúnmente se conoce como "agujetas"). Las agujetas inducidas por ejercicio excéntrico se consideran un modelo de

dolor musculoesquelético experimental muy seguro y reversible, que lleva usándose desde hace décadas dentro de la comunidad científica.

Tras la finalización del ejercicio se repetirán las mediciones para ver el efecto inmediato de la fatiga y condición muscular en las diferentes variables.

En los días siguientes de estudio (3: 24 horas tras el ejercicio, 4: 48 horas tras el ejercicio; y 5: 72 horas tras el ejercicio) se completará la escala Likert para cuantificar el dolor y se revalorarán las variables anteriormente presentadas.

Finalmente, en la sesión 6, una semana tras el ejercicio excéntrico, se valorarán nuevamente los cuestionarios relativos a experiencias pasadas de dolor y a la calidad del sueño y se procederá a la valoración común de todas las sesiones.

**Concretamente, para recopilar la información necesaria se solicitará la realización de los siguientes cuestionarios y evaluaciones:**

- Medición del umbral de dolor a la presión en musculatura del cuadrante superior e inferior del cuerpo.
- Valoración de la destreza manual mediante un test de clavijas.
- Rango de movimiento activo de la muñeca.
- Fuerza isométrica máxima de la musculatura extensora del antebrazo.
- Valoración de las propiedades mecánicas de la musculatura del antebrazo mediante miotonometría.
- Valoración ecográfica del conjunto osteo-músculo-tendinoso del antebrazo.
- Cuestionario para valorar el catastrofismo ante el dolor.
- Cuestionario para valorar la calidad del sueño.
- Protocolo de ejercicio excéntrico para producir agujetas.
- Escala Likert sobre la percepción subjetiva de dolor y limitación.

**Será fundamental que, si usted decide participar, mantenga sus hábitos y actividades durante el período del estudio, y en el caso de que tome alguna medicación nueva, informe al investigador.**

**Riesgos:** No se describe ningún tipo de riesgo para el participante.

**Beneficios:** Una vez finalizado el estudio, si lo desea, podrá acceder a los resultados del mismo y concretamente a su valoración específica, pudiendo solicitar una interpretación de la misma, en base al conocimiento científico actual.

**Compensación:** Todo sujeto que entre a formar parte del estudio lo hará de forma voluntaria, siendo una colaboración de carácter altruista y sin remuneración.

**Confidencialidad:** La evaluación y exploración del paciente tendrá un carácter absolutamente confidencial y reservado, preservando en todo momento el derecho a la intimidad del paciente.

**Voluntariedad:** Todos los pacientes que entren a formar parte del estudio, lo harán de forma libre y voluntaria. El paciente podrá abandonar el estudio en cualquier momento, sin tener que dar ningún tipo de explicación.

Los datos obtenidos serán registrados informáticamente bajo la responsabilidad de los investigadores y su confidencialidad será estrictamente respetada en todo momento. Además, debe saber Ud. que:

1. La hoja de consentimiento otorgado con su firma, así como los resultados obtenidos, se guardarán en un archivo especial seguro que no forma parte de su historia clínica.
2. Los resultados del proyecto de investigación podrán ser comunicados en reuniones científicas, congresos médicos o publicaciones científicas. En todo caso se mantendrá una estricta confidencialidad sobre la identidad de los participantes.

**Anexo 2. Consentimiento informado**

**Código estudio: iPhysio\_DOMS-epi**

**Fecha**\_\_\_/\_\_\_/\_\_\_

**Relación temporal en la recuperación de variables sensoriales,  
motoras y tisulares en un modelo de dolor muscular experimental  
de la musculatura epicondílea**

Pablo Bellosta López, Pablo Herrero Gallego, Víctor Doménech García

*Versión 1.0 de 11/12/2018*

Ud. es libre de aceptar o no la solicitud de participar en este proyecto. Si decide hacerlo, le rogamos que otorgue su consentimiento por escrito mediante la firma de este documento.

Yo, D/Dña \_\_\_\_\_,  
con DNI \_\_\_\_\_, de forma voluntaria acepto plena y libremente la participación en un proyecto clínico para el estudio del dolor en pacientes sanos.

He sido informado/a por D. \_\_\_\_\_, en entrevista personal realizada el día \_\_\_\_\_ de \_\_\_\_\_ del \_\_\_\_\_ donde se me han expuesto los objetivos y mediciones que se realizarán en el estudio. Aseguro que he leído la hoja de información que se me ha entregado.

Así mismo, la participación en el estudio es enteramente libre y no he sido obligado a ello bajo ningún concepto, pudiendo decidir en cualquier momento retirarme del estudio, sin dar explicaciones y sin que esta decisión repercuta en ningún término.

Una vez finalizado el estudio, ¿deseo ser informado sobre los resultados?

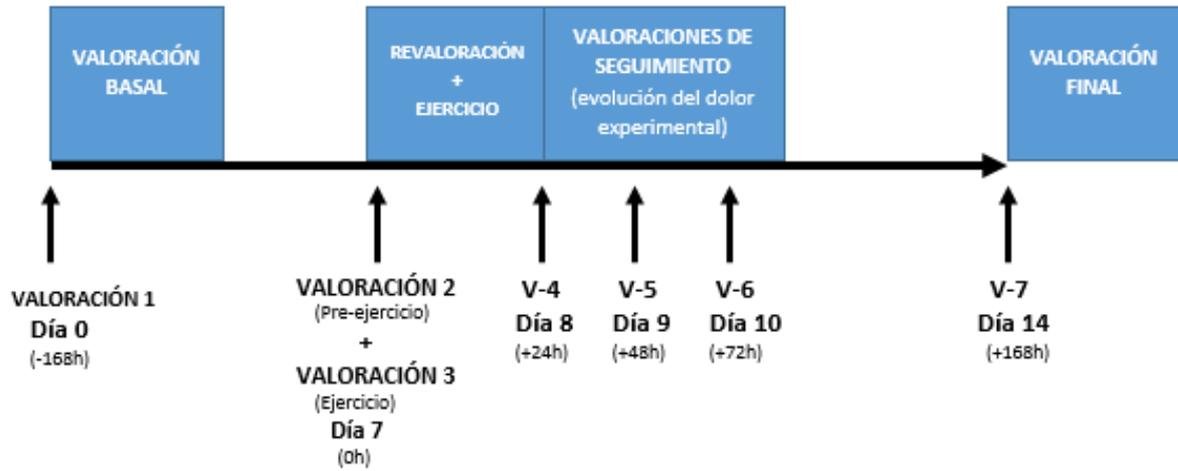
- Sí, indique su correo electrónico: \_\_\_\_\_
- No

Declaro haber entendido y otorgo mi consentimiento para la participación en el estudio titulado "Relación temporal en la recuperación de variables sensoriales, motoras y tisulares en un modelo de dolor muscular experimental de la musculatura epicondílea". Quedo informado de que todo el personal relacionado con el proyecto está obligado a proteger la confidencialidad de los datos de los pacientes según el Reglamento de la Unión Europea 2016/679 de Protección de Datos y Ley Orgánica 15/99, de Protección de Datos.

Para que así conste, firmo el presente documento.

Villanueva de Gállego, \_\_\_\_\_ de \_\_\_\_\_ del 20 \_\_\_\_\_

**Anexo 3. Duración total del estudio y días de valoración**



**Anexo 4. Posición de valoración**



***Anexo 5. Posición para la realización del ejercicio***



***Anexo 6. Posición para la medición de la Fuerza***



***Anexo 7. Escala de percepción subjetiva de recuperación***

En relación a tu antebrazo, **¿cuál es tu percepción de recuperación en estos momentos?**

