



Centre universitari adscrit a la



Master de entrenamiento personal y readaptación fisicodeportiva

EFFECTO DE LA ELECTROESTIMULACIÓN LOCAL COMO MÉTODO DE RECUPERACIÓN ENTRE SERIES EN UN ENTRENAMIENTO DE FUERZA MUSCULAR

Trabajo de investigación

Alumno: Fèlix Roca Expósito

Director: Víctor Toro Román

Trabajo final de máster de entrenamiento personal y readaptación fisicodeportiva

Curso académico: 2023-2024

Universidad Tecnocampus-Mataró

20 de Junio de 2024, Mataró

Índice

Introducción	3
Hipótesis	6
Objetivos	6
Material y métodos	7
Diseño del Estudio:	7
Participantes:	7
Procedimiento:	9
Entrenamiento de fuerza	13
Protocolo de Electroestimulación:	14
Variables a Medir y tests a realizar:	15
Protocolo de obtención de 1RM:	16
Materiales:	17
Consideraciones éticas	18
Análisis estadístico empleado	20
Resultados	21
Discusión	27
Limitaciones y prospectiva de estudio	31
Conclusiones	32
Aplicación práctica	33
Bibliografía	34
Anexos	41
Anexo 1: Información para los participantes y consentimiento informado.	41
Anexo 2: Documento de aprobación del diseño	46

Índice de tablas

Tabla 1. Características de la muestra	8
Tabla 2. Velocidades medias de cada serie	24
Tabla 3. Diferencia de velocidad entre series	25
Tabla 4. Media de diferencias de velocidad intraserie en porcentaje	26

Índice de figuras

Figura 1. Esquema general del procedimiento	9
Figura 2. Esquema de la metodología de la intervención de la fase 3	12
Figura 3. Esquema de la metodología de la intervención de la fase 4	12
Figura 4. Colocación de los electrodos	14
Figura 5. Percepcion de esfuerzo según sexo y método de recuperación	21
Figura 6. Dolor muscular según sexo y método de recuperación	22
Figura 7. Índice de fatiga según sexo y método de recuperación	23

Efecto de la electroestimulación local como método de recuperación entre series en un entrenamiento de fuerza muscular

Resumen

Propósito: Investigar el impacto de la electroestimulación local (EMS) como método de recuperación entre series en entrenamiento de fuerza muscular.

Metodología: Se realizó un estudio con 16 participantes, 8 hombres y 8 mujeres (26 ± 5 años) con experiencia en fitness. Los participantes completaron un test de 1RM en extensión de cuádriceps unilateral y luego participaron en dos sesiones de entrenamiento separadas por al menos una semana: una con EMS (9 Hz, 3 min) durante los descansos entre series y otra con recuperación pasiva. En cada sesión se realizaron 5 series al 65% de 1RM. Se midieron la velocidad de ejecución (VE) con un giroscopio móvil, la percepción de esfuerzo (RPE) y el dolor muscular (DM).

Resultados: Se observaron diferencias significativas en RPE y DM según el sexo y el método de recuperación. No hubo diferencias significativas en la velocidad media de ejecución ni en la pérdida de velocidad entre series.

Conclusiones: La EMS durante los descansos entre series fue efectiva para reducir la percepción de esfuerzo y el dolor muscular, especialmente en mujeres, pero no mejoró significativamente la velocidad de ejecución ni la pérdida de velocidad. Futuros estudios deberían explorar diferentes parámetros de EMS y la variabilidad individual en la respuesta.

Palabras clave: Fatiga, frecuencia, duración, cuádriceps, analítico

Effect of local electrostimulation as a recovery method between sets in muscle strength training

Abstract

Purpose: To investigate the impact of local electrostimulation (EMS) as a recovery method between sets in muscle strength training.

Methodology: A study was carried out with 16 participants, 8 male and 8 female (26 ± 5 years) with experience in fitness. Participants completed a 1RM unilateral quadriceps extension test and then participated in two training sessions separated by at least one week: one with EMS (9 Hz, 3 min) during breaks between sets and another with passive recovery. In each session, 5 series were performed at 65% of 1RM. Execution speed (VE) with a mobile gyroscope, perception of effort (RPE) and muscle pain (MP) were measured.

Results: Significant differences were observed in RPE and DM according to sex and recovery method. There were no significant differences in the average execution speed or speed loss between sets.

Conclusions: EMS during breaks between sets was effective in reducing perceived effort and muscle pain, especially in women, but did not significantly improve execution speed or speed loss. Future studies should explore different EMS parameters and individual variability in response.

Keywords: Fatigue, frequency, duration, quadriceps, analysis

Introducción

La fatiga muscular se define como una reducción transitoria en la capacidad funcional de un músculo o conjunto de músculos para generar fuerza y ejecutar contracciones eficientes. Este fenómeno complejo exhibe manifestaciones tanto a nivel periférico como central, implicando diversos factores biomecánicos y fisiológicos.¹ Se han identificado diversos tipos de fatiga, cada uno caracterizado por patrones específicos de disminución en el rendimiento muscular y, en particular, por la influencia de factores como la tarea realizada y la magnitud de la fuerza ejercida.^{2,3}

La fatiga, predominantemente categorizada como muscular y sensorial, presenta características distintivas que reflejan su estrecha interconexión con la ejecución de tareas físicas específicas.⁴ En este sentido, la fatiga muscular se manifiesta como una reducción en la capacidad para mantener la fuerza y realizar contracciones musculares eficientes debido a la inhibición de la unidad motora, la reducción en la frecuencia de disparo de las motoneuronas y/o las alteraciones en la excitación-contracción, este fenómeno está estrechamente vinculado a la naturaleza y duración de la actividad desempeñada.³ Asimismo, la fatiga central, relacionada con la percepción subjetiva del esfuerzo durante una tarea, encuentra sus fundamentos en corrientes descendentes generadas desde el sistema nervioso central disminuyendo su capacidad para generar comandos motores precisos, afectando la coordinación y precisión en las tareas motoras.^{5,6,7}

En la búsqueda de métodos para potenciar la recuperación después del ejercicio, se ha planteado que diversas formas de relajación muscular podrían mejorar el flujo sanguíneo y facilitar la eliminación de metabolitos del ejercicio, como ADP, radicales libres, dióxido de carbono e iones de hidrógeno.^{8,12}

Entre estos métodos, se destacan: el masaje,⁸ la recuperación activa,^{9,10} el estiramiento,¹¹ la recuperación pasiva,¹¹ la recuperación por compresión,¹² , la autoliberación miofascial,¹³ y la electroestimulación muscular (EMS).¹²

La EMS se define como una técnica que emplea corrientes eléctricas para provocar contracciones musculares controladas.¹⁴ Estas contracciones son inducidas por diversos tipos de corriente pudiendo modular diversos parámetros como la frecuencia y la intensidad.¹⁵ Se utiliza principalmente para prevenir la atrofia muscular durante periodos de inmovilización o desentrenamiento como podría ser postquirúrgica o post lesión.¹⁶

Además, la EMS fortalece los músculos al inducir contracciones voluntarias máximas.¹⁵ También se utiliza en la reeducación muscular, mejorando la activación voluntaria y modificando los patrones motores.¹⁷

Existen diferentes tipos de Electroestimulación: Estimulación neuronal eléctrica transcutánea (TENS),¹⁸ Electroestimulación muscular eléctrica (EMS),¹² Corriente interferencial,¹⁹ y microcorriente.²⁰

De entre estos métodos, la EMS mejora el flujo sanguíneo local, facilitando el transporte de nutrientes y la eliminación de productos metabólicos.¹⁴ También se ha demostrado que reduce la inflamación local, creando un ambiente más favorable para la recuperación muscular.²¹ Además, los impulsos eléctricos de la EMS tienen un efecto analgésico, gestionando el dolor asociado con la actividad física intensa.²²

La EMS se ha identificado como un método prometedor para la recuperación muscular entre series de ejercicios. Protocolos específicos que combinan baja frecuencia y larga duración del

pulso minimizan la fatiga muscular y la fatiga de baja frecuencia, mejorando la gestión energética a nivel de la fibra muscular.²³

Hipótesis

Estudios previos han tratado de aplicar protocolos de electroestimulación en el periodo de recuperación entre sesiones,^{14,21,22,23} obteniendo resultados favorables sobre el efecto del método. Por lo tanto, se plantea la siguiente hipótesis:

La aplicación de la electroestimulación local entre series durante el entrenamiento de fuerza muscular mejora el rendimiento y acelera la recuperación en comparación con el descanso pasivo, obteniendo mejores resultados el sexo femenino.

Objetivos

- Objetivo general
 - Investigar el efecto de la electroestimulación local como método de recuperación entre series durante el entrenamiento de fuerza muscular.

- Objetivos específicos
 - Evaluar la capacidad inmediata de la electroestimulación local para reducir la fatiga muscular durante el entrenamiento de fuerza, analizando la pérdida de velocidad intraserie e interserie del ejercicio.
 - Investigar la influencia de la electroestimulación en la velocidad de recuperación entre series, analizando la percepción de fatiga y la recuperación de la fuerza muscular.
 - Investigar la diferencia entre sexos al utilizar la electroestimulación en la velocidad de recuperación entre series, analizando la percepción de fatiga y la recuperación de la fuerza muscular.

Material y métodos

Diseño del Estudio:

Este estudio adopta un diseño aleatorizado y cruzado, en el cual los participantes pasan por ambas condiciones: recuperación pasiva y recuperación mediante EMS. El estudio se llevará a cabo en cuatro fases distintas, asegurando que todos los participantes pasen por cada una de ellas.

Participantes:

Los participantes fueron reclutados en el gimnasio “Smartfit Terrassa”, empresa dispuesta a colaborar en este estudio científico. La captación de los sujetos potenciales se realizó por vía oral mediante los trabajadores del centro.

El análisis del tamaño muestral del estudio realizado con Gpower ($\alpha=0.05$; Effect size=0.5; Power=0.8) indicó la necesidad de realizarlo con 15 participantes, teniendo en cuenta el posible abandono, se reclutaron 20 personas, acabando la intervención con un total de 16. Los participantes que abandonaron el estudio, lo hicieron por “falta de tiempo” para entrenar durante las fechas de intervención.

Los participantes, cumplen con los siguientes criterios de inclusión:

- Al menos 2 años de experiencia en fitness
- Experiencia en la ejecución de test 1RM
- Ausencia de patologías o contraindicaciones para la EMS
- Abstención de medicamentos, drogas, tabaco y alcohol
- Mantenimiento del estilo de vida durante el estudio

- Inexperiencia previa con EMS
- No entrenar el día previo a la valoración

Además, se implementaron los siguientes criterios de exclusión para definir de manera más precisa la población de estudio:

- Patologías o lesiones en fase aguda
- Patologías cardíacas o cardiorrespiratorias
- Molestias en la zona de la rodilla
- Otras patologías cuyo uso de EMS esté contraindicado

Tabla 1. Características de la muestra

	EDAD (años)	ALTURA (metros)	PESO (Kg)	IMC (Kg/m²)	H. ENTRENO (Horas)	1RM (Kg)
Chicos (n=8)	26,5±4,6	1,73±0,03	75,8±6,35	25,1±1,37	7,62±2,38	74,5±16,3
Chicas (n=8)	26,6±3,8	1,65±0,06	60,5±8,5	21,9±1,83	7±1,6	45,75±7,2

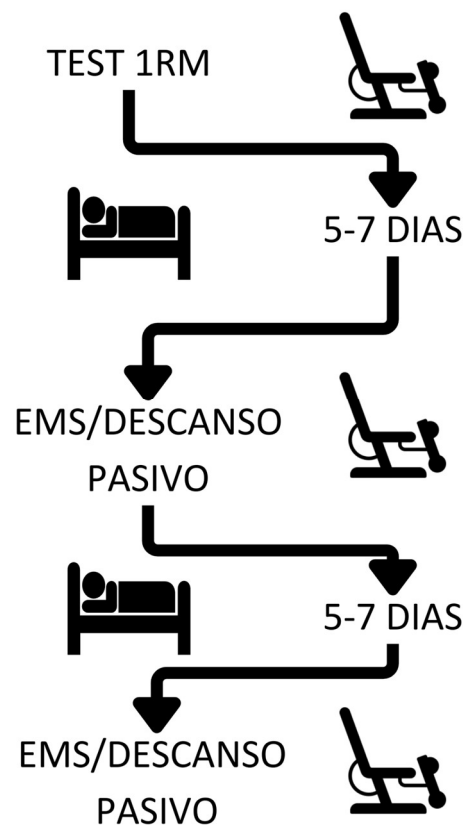
IMC: Índice de masa corporal; H.ENTRENO: Horas de entrenamiento semanal; 1RM: Repetición máxima

Procedimiento:

El procedimiento consta de cuatro fases consecutivas, separadas por una semana cada una:

La figura 1 muestra un esquema general del procedimiento, donde se expresa cuando se realizará cada intervención y descanso.

Figura 1. Esquema general del procedimiento



Esquema del procedimiento con todas sus fases y periodos de descanso

1. Familiarización con Electroestimulación, fase 1:

Todos los participantes experimentaron una fase de familiarización con la EMS para evitar incomodidades.

Dado que la EMS en su primera aplicación puede generar náuseas y mareos, esta fase preliminar fue crucial para mantener la integridad del sujeto durante el entrenamiento.

Esta Fase se divide en diferentes subfases:

1.1. Evaluación Previa:

- Se realizó una evaluación del estado de salud e historia clínica para identificar posibles contraindicaciones médicas para la EMS.

1.2. Sesión Informativa:

- Se explicó detalladamente la EMS, incluyendo su funcionamiento, objetivos del entrenamiento y beneficios. Se informó a los participantes sobre las sensaciones esperadas durante la estimulación eléctrica para establecer expectativas realistas.

1.3. Demostración Práctica:

- Se realizó una demostración práctica de la EMS para que los participantes experimentaran las sensaciones y ajustes de intensidad utilizando la misma amplitud (9 Hz) que en el estudio.

1.4. Ajuste de Intensidad:

- Se inició con una intensidad baja, aumentando gradualmente para que los individuos se acostumbraran sin molestias excesivas. Se aseguró que cada participante comunicara su nivel de comodidad para ajustar la intensidad en consecuencia.

1.5. Identificación de Sensaciones Normales:

- Se educó a los participantes sobre las sensaciones normales de la EMS, como contracciones musculares, hormigueo o sensación de "pinchazo", distinguiendo entre sensaciones normales y cualquier incomodidad que requiriera ajustes.

2. Test de 1 RM, fase 2:

Se realizó un test unilateral de 1 RM con la pierna dominante en una máquina de extensión de rodilla.

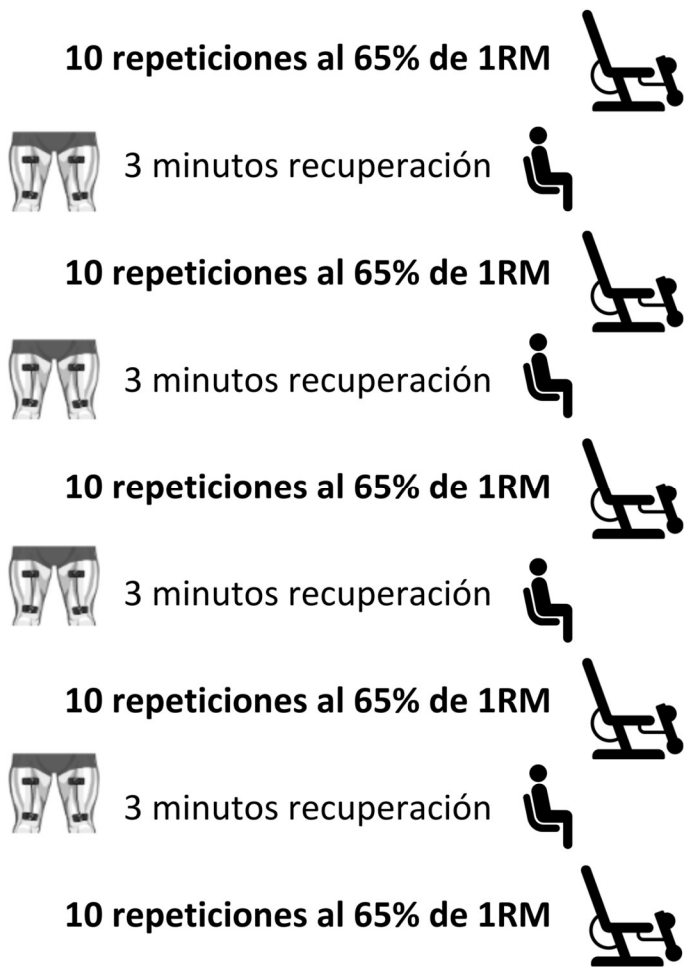
Este test se llevó a cabo utilizando la fórmula de Brzycki.²⁴ Este método permite encontrar la 1 RM en un rango de repeticiones más elevado que en un método directo. Así, el sujeto puede realizar repeticiones en un rango de 4 a 8, siempre llegando al fallo muscular, con total comodidad.

3. Intervención, fase 3 y 4:

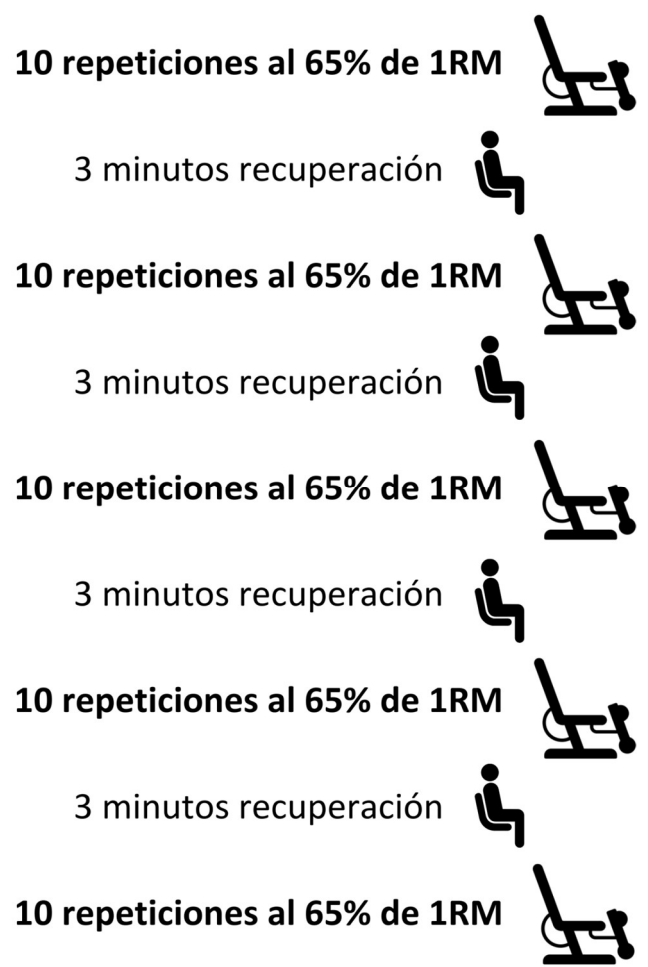
Se realizaron dos sesiones separadas por al menos una semana, ambas con el mismo protocolo de ejercicio, repeticiones, series, tiempo de descanso e intensidad (%1RM). En la primera sesión se aplicó EMS durante los periodos de descanso; en la segunda, la recuperación se realizó de forma pasiva en posición de sedestación.

En las figuras 2 y 3 se muestra de forma esquemática el procedimiento a seguir en cada uno de los días de intervención, la figura 2 muestra el día donde se realizó recuperación con EMS y la figura 3 muestra el día donde se realizó recuperación pasiva.

Figura 2 y 3. Procedimiento en cada día de intervención



Esquema de la metodología de la intervención de la fase 3



Esquema de la metodología de la intervención de la fase 4

Entrenamiento de fuerza

Las fases de intervención 3 y 4 siguieron una sesión estructurada con calentamiento, parte principal y vuelta a la calma.

El calentamiento incluyó liberación miofascial con rodillo de espuma en las piernas, de distal a proximal, aplicando 30 segundos en cada porción corporal: tobillo a rodilla anterior, tobillo a rodilla posterior, rodilla a cadera anterior y rodilla a cadera posterior. Luego, se realizaron 2 series de 10 sentadillas con 1 minuto de descanso.

El calentamiento específico consistió en 2 series de aproximación con 1RM calculada: una serie al 25% de 1RM unilateral (10 repeticiones) y una segunda serie al 45% de 1RM (10 repeticiones), con 1 minuto de descanso entre ellas.

Después del calentamiento, los sujetos descansaron 3 minutos antes de la primera serie efectiva. En la primera fase, se colocaron los parches y cables del electroestimulador durante este descanso; en la segunda fase, solo se descansó.

Después de cada serie, el investigador retiró el brazo de la máquina para que el descanso se realizara en la misma posición sin carga. En la primera fase, se activó la EMS al retirar el rodillo de la pierna del sujeto. Los descansos estuvieron cronometrados durante 3 minutos, tras lo cual se volvió a colocar el rodillo. En la fase de EMS, el estímulo cesó cuando se colocó el rodillo. Luego, se realizó la siguiente serie.

Después de 5 series, se realizó un protocolo de vuelta a la calma repitiendo la liberación miofascial en los cuádriceps.

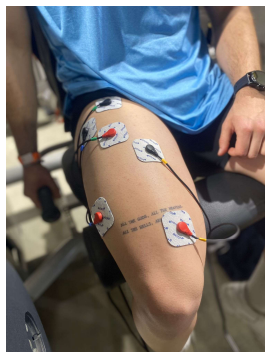
Protocolo de Electroestimulación:

Se utilizó el programa Compex Energy con las siguientes características: duración de 3 minutos, amplitud de 9 Hz e intensidad ajustada para generar un movimiento muscular visible y tolerable considerando que cada incremento en la intensidad correspondía a 0,15 miliamperios.

Los electrodos de superficie se colocaron en paralelo a las fibras musculares, en una disposición longitudinal en los músculos vasto lateral (VL), recto femoral (RF) y vasto medial (VM) de la extremidad inferior derecha:

- **VM:** aproximadamente al 20% de la distancia entre la brecha medial de la articulación de la rodilla y la espina ilíaca anterosuperior.
- **RF:** aproximadamente al 50% de la distancia entre la espina ilíaca anterosuperior y el borde superior de la rótula.
- **VL:** aproximadamente a dos tercios de la distancia entre la espina ilíaca anterosuperior y el aspecto lateral de la rótula.

Figura 4. Colocación de los electrodos



Fotografía de la colocación de los electrodos (Propia)

Variables a Medir y tests a realizar:

- **Velocidad de ejecución:** Se midió con el giroscopio integrado en un dispositivo móvil Xiaomi T10 Lite.
- **Pérdida de velocidad intraserie:** Se analizó a partir de la velocidad de ejecución de cada repetición.
- **Pérdida de velocidad interserie:** Se analizó a partir de la velocidad de ejecución de cada serie.
- **Diferencia en la pérdida de velocidad entre intervenciones:** Se analizó mediante el registro de la velocidad de cada serie realizada.
- **RPE (escala de esfuerzo percibido):** Se midió con la escala de Borg adaptada al inicio y al final de la sesión.
- **Dolor muscular percibido:** Se midió con la escala de dolor (del 1 al 10) antes y después de la sesión.
- **índice de fatiga:** A través de las velocidades, se obtuvo un valor de fatiga con la siguiente fórmula: "Velocidad ideal / Velocidad real" donde la velocidad ideal es el producto de la velocidad más alta de la serie por el número de repeticiones y la velocidad real es la suma de velocidades de la serie.

Protocolo de obtención de 1RM:

Se utilizó un método indirecto con la Fórmula Brzycki,²⁴ manteniendo la estructura de sesión mencionada. La parte principal consiste en:

Realización de una prueba de resistencia anaeróbica:

La prueba consiste en determinar el peso con el cual el participante puede realizar exactamente 10 repeticiones hasta el agotamiento con buena técnica. Para esto, se realizaron 2 series de aproximación de 10 repeticiones cada una, la primera con un 50% de la 10 RM y la segunda con un 70% de la 10 RM. Si no se conoce la 10 RM aproximada, se utiliza un peso ligero.

Entre series, se realizará un descanso de aproximadamente 2 minutos.

1. Cálculo de la Estimación de 1-RM:

- Se utilizará un peso del 130% - 150% de la 10 RM, y se realizarán las máximas repeticiones posibles (5-8). Se contarán las repeticiones realizadas con ese peso hasta la fatiga muscular y se aplicará la siguiente fórmula:
 - $1 \text{ RM} = \text{Peso levantado en el test} / (1,0278 - (0,0278 \times \text{N}^\circ \text{ de repeticiones hasta el fallo}))$

Materiales:

Este estudio implementa tecnologías avanzadas en un programa de entrenamiento basado en la velocidad, utilizando el electroestimulador Compex Energy y una máquina de extensión de rodilla sentado Technogym en "Smartfit Terrassa". Además, se integró la aplicación Physic Toolbox Suite en un teléfono móvil para usar su giroscopio y analizar la velocidad de ejecución.

- **Electroestimulador Compex Energy:** El Compex Energy utiliza impulsos eléctricos para activar grupos musculares específicos, optimizando el rendimiento muscular.
- **Máquina de Extensión de Rodilla Sentado Technogym:** Esta máquina, ubicada en "Smartfit Terrassa", fue mantenida rigurosamente para asegurar su correcto funcionamiento.
- **Teléfono Móvil Xiaomi T10 Lite:** Este dispositivo permite acceder a la aplicación Physic Toolbox Suite.
- **Aplicación Physic Toolbox Suite:** Integrada en el móvil, registra y analiza la velocidad de ejecución de los ejercicios, proporcionando datos esenciales de estudio.
- **Acceso a Google Sheets:** Facilita la organización eficiente de los datos.
- **Software RStudio:** Usado para realizar el análisis descriptivo y estadístico de los datos.
- **Brazaletes para Colocar el Móvil:** Este accesorio asegura el teléfono móvil en la tibia durante las sesiones de entrenamiento.

Consideraciones èticas

El programa de actividad física del estudio, junto con el documento de información al participante y el consentimiento informado (Anexo 1), serán enviados para su aprobación al Comité de Ètica de la Escuela Superior de Ciencias de la Salud del Tecnocampus, así como al Código Deontológico de la Profesión de Educación Física, con el objetivo de garantizar el cumplimiento de los aspectos èticos de la investigación.

Todos los participantes del proyecto serán informados por Fèlix Roca Expósito, de forma oral y escrita, a través de la hoja de información que recibirán en catalán y en castellano por correo electrónico. Los participantes serán avisados de la necesidad de firmar el consentimiento informado para su participación en el estudio, disponible también en ambos idiomas.

Durante el desarrollo de este proyecto se respetarán en todo momento los principios èticos de la Declaración de Helsinki (AMM, 2013), permitiendo a los participantes la libertad de abandonar el estudio de forma voluntaria y en cualquier momento sin que ello suponga ningún perjuicio o cambio.

Los datos personales de los participantes serán confidenciales de acuerdo con la Ley Orgánica 3/2018, de 5 de diciembre, de Protección de Datos Personales y garantía de los derechos digitales, y el Reglamento General (UE) 2016/679, de 27 de abril de 2016, de Protección de Datos (RGPD).

Por otro lado, dado que el artículo 18.1 de la Constitución Española reconoce el derecho a la propia imagen y está regulado por la Ley Orgánica 1/1982, de 5 de mayo, de Protección Civil del Derecho al Honor, a la Intimidad Personal y Familiar, y a la propia Imagen, se solicitará a los participantes su consentimiento para poder publicar fotografías relacionadas con la

investigación en las que aparezcan, siempre que sean claramente identificables y que tengan como único fin su difusión.

Para mantener esta protección de datos, se atribuirá a cada participante un seudónimo alfanumérico (por ejemplo, FR 12) de forma que los datos obtenidos únicamente se identificarán con este código. El investigador tendrá un archivo que contiene los datos identificativos de los participantes con el código numérico o alfanumérico, de forma separada y bajo las medidas técnicas y organizativas correspondientes. Solo el investigador y el director del proyecto tendrán acceso a este archivo, que se guardará en Google Drive de la cuenta de correo electrónico corporativa de TecnoCampus.

El diseño del estudio ha sido aprobado por el comité de ética de Tecnocampus mataró. (Anexo 2)

Análisis estadístico empleado

Para el análisis estadístico de los datos obtenidos durante la intervención, se utilizó el software RStudio para realizar un análisis descriptivo (media, desviación estándar) y estadístico.

Se aplicó un análisis de varianza (ANOVA) de dos factores para examinar los efectos del sexo y el tipo de recuperación sobre varias variables de interés (Índice de fátiga total, RPE y dolor muscular).

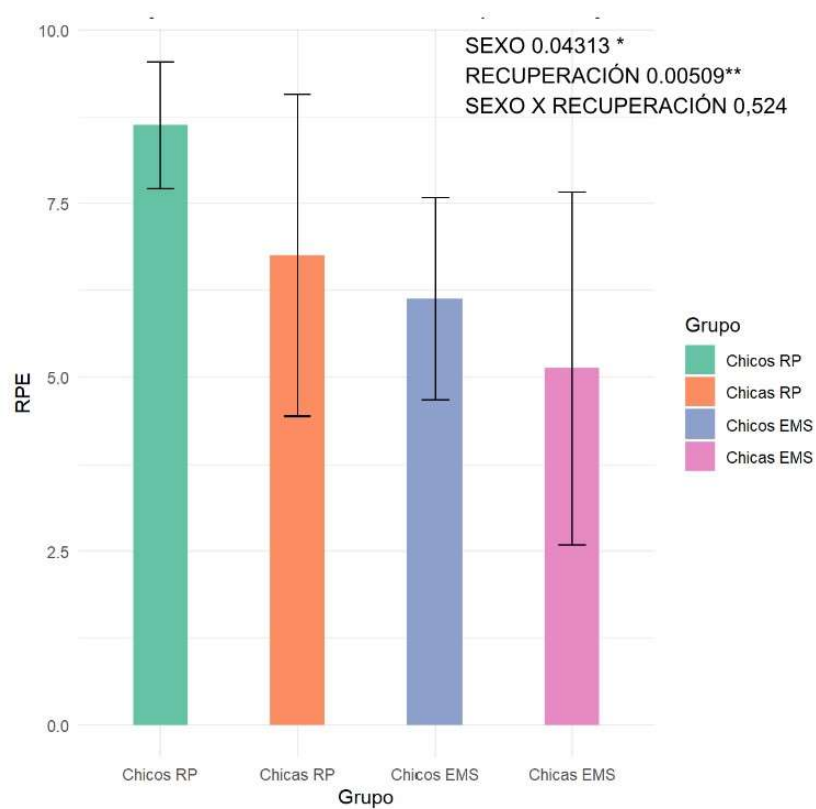
También se aplicó un ANOVA de tres factores para examinar los efectos del sexo, el tipo de recuperación y la serie sobre varias variables de interés (Velocidad media de la serie, pérdida de velocidad interserie, media de pérdida de velocidad intraserie)

Se consideraron resultados significativos los datos con un valor $p < 0.05$.

Resultados

En la figura 5 se recogen los datos de RPE según el sexo y el método de recuperación. Se pueden observar diferencias significativas ($p < 0,05$) entre sexo y recuperación, obteniendo las mujeres con EMS los valores más bajos y los hombres con recuperación pasiva los más elevados.

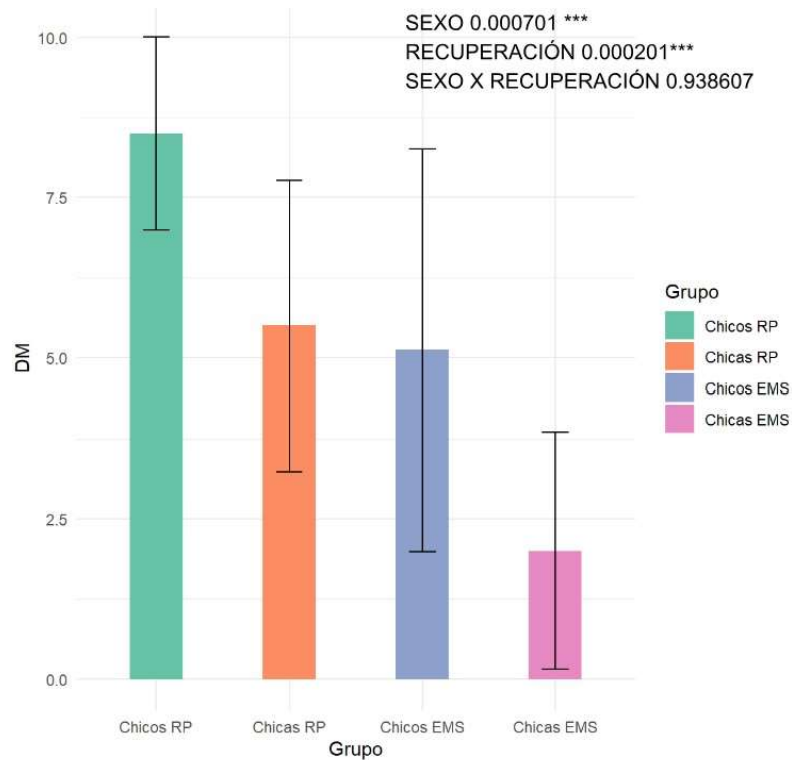
Figura 5. Percepción de esfuerzo según sexo y método de recuperación



RPE: Percepción de esfuerzo; RP: Recuperación pasiva; EMS: Electroestimulación muscular; **: $p < 0,01$; *: $p < 0,05$

En la figura 6 se recogen los datos de DM según el sexo y el método de recuperación. Se pueden observar diferencias muy significativas ($p < 0,001$) entre sexo y recuperación, obteniendo las mujeres con EMS los valores más bajos y los hombres con recuperación pasiva los más elevados.

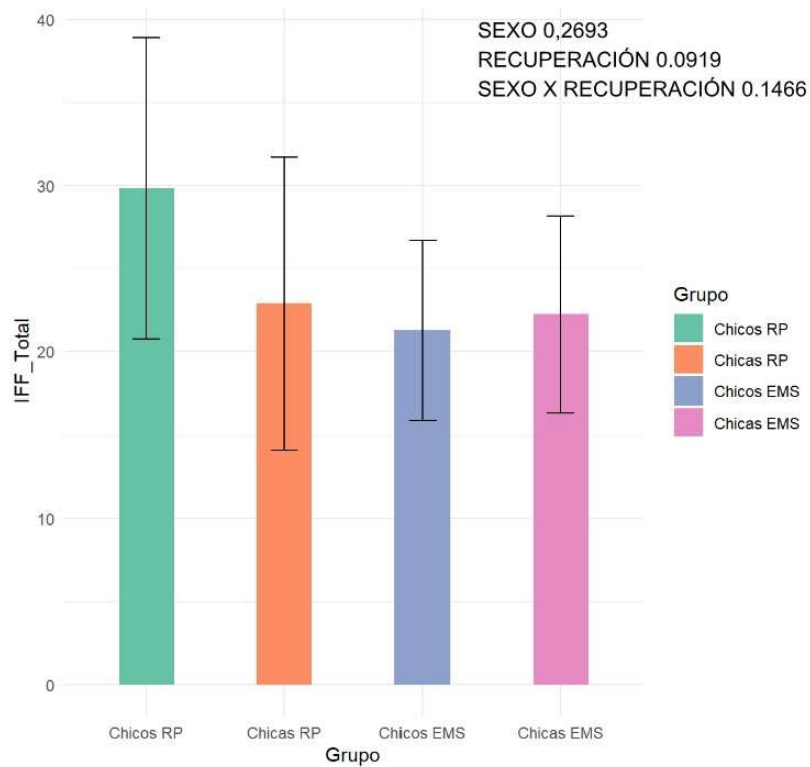
Figura 6. Dolor muscular según sexo y método de recuperación



DM: Dolor muscular; RP: Recuperación pasiva; EMS: Electroestimulación muscular; ***: $p < 0,001$

En la figura 7 se recogen los datos del índice de fatiga total según el sexo y el método de recuperación. No se observan diferencias significativas ($p < 0,05$) en sexo ni en recuperación, obteniendo los hombres con EMS los valores más bajos y los hombres con recuperación pasiva los más elevados.

Figura 7. Índice de fatiga según sexo y método de recuperación



IFF: Índice de fatiga; RP: Recuperación pasiva; EMS: Electroestimulación muscular

En la tabla 2 se recogen las velocidades medias de cada serie siendo el valor reflejado la media \pm la desviación estándar. No se observan diferencias significativas ($p < 0,05$) en sexo, en la recuperación ni en las series y tampoco existe relación entre dos o más de las variables.

Tabla 2. Velocidades medias de cada serie

		S1	S2	S3	S4	S5	SERIE	SEXO	RECUPERACIÓN	SEXO X RECUPERACIÓN	SEXO X SERIE	RECUPERACIÓN X SERIE	SEXO X RECUPERACIÓN X SERIE
Chico	RP	3,55 \pm 0,78	2,85 \pm 0,85	3,21 \pm 0,88	3,08 \pm 0,92	3,04 \pm 0,89	0,900	0,368	0,147	0,987	0,419	0,998	0,998
	EMS	3,68 \pm 0,81	3,08 \pm 0,77	3,45 \pm 0,88	3,22 \pm 0,84	3,26 \pm 1,06							
Chica	RP	3,31 \pm 0,48	2,85 \pm 0,67	3,45 \pm 0,55	3,45 \pm 0,59	3,35 \pm 0,68	0,900	0,368	0,147	0,987	0,419	0,998	0,998
	EMS	3,47 \pm 0,72	2,94 \pm 0,82	3,53 \pm 0,87	3,63 \pm 0,84	3,67 \pm 0,69							

RP: Recuperación pasiva; EMS: Electroestimulación muscular; S1: Serie 1; S2: Serie 2; S3: Serie 3; S4: Serie 4; S5: Serie 5

En la tabla 3 se recoge la diferencia de velocidad entre series siendo el valor reflejado la media \pm la desviación estándar. No se observan diferencias significativas ($p < 0,05$) en la recuperación ni en las series pero si en el sexo. No existe relación entre dos o más de las variables.

Tabla 3. Diferencia de velocidad entre series

		S1 -S2	S2 -S3	S3 -S4	S4 -S5	SERIE	SEXO	RECUPERACIÓN	SEXO X RECUPERACIÓN	SEXO X SERIE	RECUPERACIÓN X SERIE	SEXO X RECUPERACIÓN X SERIE
Chico	RP	-0,0344 \pm 0,113	-0,0655 \pm 0,075	-0,0457 \pm 0,057	-0,0344 \pm 0,112							
	EMS	-0,0202 \pm 0,040	-0,0491 \pm 0,052	-0,0686 \pm 0,024	-0,0202 \pm 0,119							
						0,907	0,002**	0,595	0,729	0,085	0,751	0,399
Chica	RP	-0,0092 \pm 0,102	0,0611 \pm 0,137	-0,0008 \pm 0,056	-0,0092 \pm 0,052							
	EMS	0,002 \pm 0,055	0,0090 \pm 0,041	0,04 \pm 0,13	0,002 \pm 0,068							

RP: Recuperación pasiva; EMS: Electroestimulación muscular; S1 -S2: Pérdida de velocidad entre la serie 1 y la serie 2; S2 -S3: Pérdida de velocidad entre la serie 2 y la serie 3; S3 -S4: Pérdida de velocidad entre la serie 3 y la serie 4; S4 -S5: Pérdida de velocidad entre la serie 4 y la serie 5

En la tabla 4 se recoge la media de la diferencia de velocidad intraserie siendo el valor reflejado la media \pm la desviación estándar. No se observan diferencias significativas ($p < 0,05$) en la recuperación pero si en el sexo. No existe relación entre dos o más de las variables.

Tabla 4. Media de diferencias de velocidad intraserie en porcentaje

		MEDIA (%)	SEXO	RECUPERACIÓN	SEXO X RECUPERACIÓN
Chico	RP	-3,73 \pm 4	0,000916***	0,533751	0,684773
	EMS	-3,45 \pm 3			
Chica	RP	0,46 \pm 2			
	EMS	1,79 \pm 3			

RP: Recuperación pasiva; EMS: Electroestimulación muscular

Discusión

Este estudio planteó la hipótesis de que la aplicación de la electroestimulación local (EMS) entre series durante el entrenamiento de fuerza muscular mejora el rendimiento y acelera la recuperación en comparación con el descanso pasivo. Con el objetivo general de investigar el efecto de la EMS como método de recuperación, se evaluaron específicamente la capacidad inmediata de esta técnica para reducir la fatiga muscular, analizando la pérdida de velocidad intraserie e interserie, y su influencia en la percepción de fatiga y la recuperación de la fuerza muscular.

Los resultados mostraron diferencias significativas en la percepción de esfuerzo y el dolor muscular según el sexo y el método de recuperación, observándose que las mujeres que utilizaron electroestimulación reportaron valores más bajos en ambos aspectos y los hombres con recuperación pasiva valores más altos. Esto coincide con hallazgos previos que demuestran que la EMS puede reducir significativamente la percepción de esfuerzo y el dolor muscular en comparación con la recuperación pasiva. Gussoni investigó los efectos de la EMS en el RPE y el dolor muscular, la metodología del estudio incluyó dos partes: un experimento de laboratorio con ejercicio concéntrico-excéntrico del bíceps braquial y un estudio de campo con ultra-atletas después de una carrera de ultra-resistencia. Se utilizó estimulación eléctrica en ambos escenarios para evaluar su efecto en la percepción del dolor muscular y el esfuerzo percibido obteniendo valores más bajos de ambas al utilizar EMS.²⁵

Warren et al., investigó los efectos del EMS en jugadores de béisbol aplicando EMS en los descansos durante un juego simulado obteniendo diferencias significativas en el RPE al utilizar EMS.²⁶

Estos estudios sugieren que la EMS mejora el flujo sanguíneo y la eliminación de metabolitos como el lactato y reduciendo la inflamación, contribuyendo así a una recuperación más rápida y eficaz.^{25,26}

Además, el efecto placebo debe considerarse para dar explicación a estos resultados. Las expectativas de los participantes sobre la efectividad de la EMS pueden haber influido en la percepción de la recuperación y el esfuerzo, más allá de los efectos fisiológicos reales.²⁷

No obstante, no se encontraron diferencias significativas en el índice de fatiga total, la velocidad media de las series, ni en la pérdida de velocidad entre series y dentro de las series en función del método de recuperación, aunque el sexo sí influyó en la pérdida de velocidad. La literatura científica apoya que la EMS puede mejorar la velocidad de ejecución y reducir la pérdida de velocidad al mantener la capacidad de producción de fuerza rápida. Babault et al., examina el impacto de un programa de entrenamiento de EMS de 12 semanas en la fuerza y potencia muscular de jugadores de rugby de élite. Se aplicó EMS en los músculos extensores de la rodilla, flexores plantares y glúteos y demostró efectos beneficiosos sobre la fuerza y potencia muscular en jugadores de rugby de élite en pruebas particulares.²⁸ Filipovic muestra una revisión sistemática de 89 ensayos clínicos donde se muestra una mejora significativa de fuerza máxima, fuerza velocidad, potencia, capacidad de salto y sprint en programas de entrenamiento de 3 a 6 semanas.²⁹

En un estudio diferente, se realizaron tres entrenamientos por semana aplicando EMS en los músculos extensores de la rodilla y flexores plantares con 50 saltos pliométricos posteriores a la aplicación, los resultados mostraron una mejora significativa en la fuerza máxima y explosiva.³⁰

Los resultados obtenidos en este estudio no mostraron diferencias significativas en estos parámetros, sin embargo se observa que tras el uso de EMS la pérdida de velocidad era menor en comparación con la recuperación pasiva. Esto se puede deber a varios factores.

Las mujeres tienden a fatigarse menos que los hombres durante el ejercicio, lo que puede explicar las menores pérdidas de velocidad observadas, esto se debe a que las mujeres tienen una mayor resistencia a la fatiga, lo que se atribuye a una mayor proporción de fibras musculares tipo I, una mejor capacidad de vasodilatación y diferencias hormonales.^{31,32} También existen diferencias fisiológicas y moleculares significativas en la respuesta del músculo esquelético humano al entrenamiento físico entre sexos.³³

Desde una perspectiva investigadora, he observado una menor capacidad de sufrimiento en las mujeres, lo que podría estar relacionado con diferencias cognitivas y psicológicas en la percepción del esfuerzo y el manejo del dolor. Este hallazgo lo observamos en las velocidades más bajas de cada grupo, donde el grupo masculino obtiene velocidades más bajas que el femenino.

Las diferencias no significativas pueden deberse a varios factores: la intensidad y duración del protocolo de EMS utilizado (9 Hz, 3 minutos) podrían no haber sido suficientes para inducir efectos significativos en la velocidad de ejecución y la pérdida de velocidad.³⁴ Además, la diferencia en el diseño del estudio, centrado en un ejercicio analítico específico como la extensión de cuádriceps, podría haber inducido una fatiga más localizada en comparación con estudios previos que utilizaron protocolos más globales. Esto podría explicar por qué no se observaron diferencias significativas en la pérdida de velocidad y la velocidad de ejecución, pero sí en la percepción de esfuerzo y el dolor muscular.

La respuesta a la EMS puede variar significativamente entre individuos debido a diferencias en la composición muscular, el nivel de entrenamiento y la adaptación previa a la EMS.³⁵ El diseño cruzado y la metodología de medición utilizada (giroscopio en un dispositivo móvil) pueden haber introducido variabilidad en los datos y limitado la capacidad para detectar diferencias significativas.³⁶

Los resultados de este estudio son consistentes con la literatura que respalda la eficacia de la EMS en la reducción de la percepción de esfuerzo y el dolor muscular.^{25,26} Sin embargo, la falta de diferencias significativas en la velocidad de ejecución y la pérdida de velocidad sugiere que se deben considerar diferentes parámetros de EMS y la variabilidad individual en futuros estudios para evaluar de manera más efectiva los beneficios potenciales de la EMS en la recuperación muscular.

Limitaciones y prospectiva de estudio

Este estudio presenta varias limitaciones. El posible efecto placebo así como la variabilidad individual en la respuesta a la EMS, debido a diferencias en composición muscular y nivel de entrenamiento, pueden haber afectado los resultados.^{27,36} El protocolo de EMS utilizado (9 Hz, 3 minutos) podría no haber sido suficiente para inducir efectos significativos en la velocidad de ejecución y la pérdida de velocidad. Además, el diseño del estudio, centrado en la extensión de cuádriceps, pudo inducir una fatiga más localizada, limitando la generalización de los resultados. Factores externos como la hidratación, nutrición y descanso también pueden haber influido en los resultados.^{37,38,39}

Para futuros estudios, se recomienda explorar diferentes parámetros de EMS, como mayores frecuencias e intensidades, y ampliar la muestra para evaluar mejor la variabilidad individual. Estudios longitudinales pueden evaluar los efectos a largo plazo de la EMS. Es crucial investigar más a fondo las diferencias de género en la respuesta a la EMS y considerar el impacto psicológico y cognitivo, incluyendo el efecto placebo. Utilizar tecnologías avanzadas de medición como la electromiografía (EMG) y la resonancia magnética (MRI) puede proporcionar datos más precisos sobre los efectos de la EMS en el músculo esquelético. Al abordar estas limitaciones y explorar nuevas áreas, futuros estudios pueden mejorar la comprensión de los beneficios y aplicaciones de la EMS en el entrenamiento de fuerza y la recuperación muscular.

Conclusiones

En conclusión, no se encontraron diferencias significativas en las velocidades de ejecución ni en la pérdida de velocidad entre series o dentro de las series entre métodos de recuperación pero sí entre sexos. Sin embargo, en cuanto a los parámetros subjetivos (RPE i DM), se observaron diferencias significativas entre sexos y entre métodos de recuperación.

El uso de la EMS durante los períodos de descanso tuvo un impacto positivo en una reducción del dolor muscular y una menor percepción del esfuerzo, sin embargo, en la pérdida de velocidad de ejecución este impacto positivo es cuestionable.

Aplicación práctica

Los resultados obtenidos en este estudio indican que la EMS puede ser una herramienta valiosa para aquellos interesados en entrenar con menor dolor muscular y una percepción reducida del esfuerzo.

Una aplicación potencial de este método es en deportistas en fase avanzada de readaptación deportiva. La EMS podría permitir un mayor volumen de entrenamiento mientras se mantienen bajos los parámetros subjetivos de dolor y esfuerzo. Esto permitiría a los jugadores abordar tanto los entrenamientos individuales como los grupales sin experimentar una fatiga subjetiva excesiva, optimizando su rendimiento y recuperación.

Asimismo, este método podría ser beneficioso para competidores de fuerza, como los powerlifters. La EMS podría reducir la percepción de esfuerzo, permitiendo al atleta realizar el siguiente levantamiento con una carga subjetiva menor. Esto es particularmente útil en competencias o en fases de entrenamiento intenso, donde la gestión de la fatiga y la recuperación rápida son cruciales.

En el ámbito del culturismo, la EMS también podría tener aplicaciones significativas. Permitirá aumentar el volumen de la sesión y acercarse más al fallo muscular en cada serie. La reducción del dolor muscular y la menor percepción de esfuerzo permitiría entrenar más intensamente y con mayor frecuencia, mejorando la hipertrofia y la fuerza muscular.

Bibliografía

1. Sesboüé B, Guinestre JY. Muscular fatigue. *Ann Readapt Med Phys.* 2006;49(6):257-354. doi:10.1016/j.annrmp.2006.04.021.
2. Bigland-Ritchie, B., Furbush, F., & Woods, J. J. (1986). Fatigue of intermittent submaximal voluntary contractions: central and peripheral factors. *Journal of applied physiology* (Bethesda, Md. : 1985), 61(2), 421–429. <https://doi.org/10.1152/jappl.1986.61.2.421>
3. Enoka, R. M., & Stuart, D. G. (1992). Neurobiology of muscle fatigue. *Journal of applied physiology* (Bethesda, Md. : 1985), 72(5), 1631–1648. <https://doi.org/10.1152/jappl.1992.72.5.1631>
4. Del Vecchio, A., Negro, F., Holobar, A., Casolo, A., Folland, J. P., Felici, F., & Farina, D. (2019). You are as fast as your motor neurons: speed of recruitment and maximal discharge of motor neurons determine the maximal rate of force development in humans. *The Journal of physiology*, 597(9), 2445–2456. <https://doi.org/10.1113/JP277396>
5. Amann, M., & Dempsey, J. A. (2008). Locomotor muscle fatigue modifies central motor drive in healthy humans and imposes a limitation to exercise performance. *The Journal of physiology*, 586(1), 161–173. <https://doi.org/10.1113/jphysiol.2007.141838>
6. McCloskey, D. I., Gandevia, S., Potter, E. K., & Colebatch, J. G. (1983). Muscle sense and effort: motor commands and judgments about muscular contractions. *Advances in neurology*, 39, 151–167.
7. Gandevia, S. C., & Rothwell, J. C. (1987). Activation of the human diaphragm from the motor cortex. *The Journal of physiology*, 384, 109–118. <https://doi.org/10.1113/jphysiol.1987.sp016445>

8. Zainuddin, Z., Newton, M., Sacco, P., & Nosaka, K. (2005). Effects of massage on delayed-onset muscle soreness, swelling, and recovery of muscle function. *Journal of athletic training*, 40(3), 174–180.
9. Monedero, J., & Donne, B. (2000). Effect of recovery interventions on lactate removal and subsequent performance. *International journal of sports medicine*, 21(8), 593–597. <https://doi.org/10.1055/s-2000-8488>
10. Devlin, J., Paton, B., Poole, L., Sun, W., Ferguson, C., Wilson, J., & Kemi, O. J. (2014). Blood lactate clearance after maximal exercise depends on active recovery intensity. *The Journal of sports medicine and physical fitness*, 54(3), 271–278.
11. Rodenburg, J. B., Steenbeek, D., Schiereck, P., & Bär, P. R. (1994). Warm-up, stretching and massage diminish harmful effects of eccentric exercise. *International journal of sports medicine*, 15(7), 414–419. <https://doi.org/10.1055/s-2007-1021080>
12. Hou, X., Liu, J., Weng, K., Griffin, L., Rice, L. A., & Jan, Y. K. (2021). Effects of Various Physical Interventions on Reducing Neuromuscular Fatigue Assessed by Electromyography: A Systematic Review and Meta-Analysis. *Frontiers in bioengineering and biotechnology*, 9, 659138. <https://doi.org/10.3389/fbioe.2021.659138>
13. Cheatham, S. W., Kolber, M. J., Cain, M., & Lee, M. (2015). THE EFFECTS OF SELF-MYOFASCIAL RELEASE USING A FOAM ROLL OR ROLLER MASSAGER ON JOINT RANGE OF MOTION, MUSCLE RECOVERY, AND PERFORMANCE: A SYSTEMATIC REVIEW. *International journal of sports physical therapy*, 10(6), 827–838.
14. Maffiuletti, N. A., Minetto, M. A., Farina, D., & Bottinelli, R. (2011). Electrical stimulation for neuromuscular testing and training: state-of-the art and unresolved issues. *European*

journal of applied physiology, 111(10), 2391–2397. <https://doi.org/10.1007/s00421-011-2133-7>

15. Filipovic, A., Kleinöder, H., Dörmann, U., & Mester, J. (2011). Electromyostimulation--a systematic review of the influence of training regimens and stimulation parameters on effectiveness in electromyostimulation training of selected strength parameters. *Journal of strength and conditioning research*, 25(11), 3218–3238. <https://doi.org/10.1519/JSC.0b013e318212e3ce>

16. Gondin, J., Duclay, J., & Martin, A. (2006). Neural drive preservation after detraining following neuromuscular electrical stimulation training. *Neuroscience letters*, 409(3), 210–214. <https://doi.org/10.1016/j.neulet.2006.09.045>

17. Nuhr, M. J., Pette, D., Berger, R., Quittan, M., Crevenna, R., Huelsman, M., Wiesinger, G. F., Moser, P., Fialka-Moser, V., & Pacher, R. (2004). Beneficial effects of chronic low-frequency stimulation of thigh muscles in patients with advanced chronic heart failure. *European heart journal*, 25(2), 136–143. <https://doi.org/10.1016/j.ehj.2003.09.027>

18. Johnson MI. *Transcutaneous electrical nerve stimulation (TENS). Research to support clinical practice*. Oxford: Oxford University Press; 2014.

19. Eslamian, F., Farhoudi, M., Jahanjoo, F., Sadeghi-Hokmabadi, E., & Darabi, P. (2020). Electrical interferential current stimulation versus electrical acupuncture in management of hemiplegic shoulder pain and disability following ischemic stroke-a randomized clinical trial. *Archives of physiotherapy*, 10, 2. <https://doi.org/10.1186/s40945-019-0071-6>

20. Lambert, M. I., Marcus, P., Burgess, T., & Noakes, T. D. (2002). Electro-membrane microcurrent therapy reduces signs and symptoms of muscle damage. *Medicine and science in sports and exercise*, 34(4), 602–607. <https://doi.org/10.1097/00005768-200204000-00007>
21. Yang, H., Datta-Chaudhuri, T., George, S. J., Haider, B., Wong, J., Hepler, T. D., Andersson, U., Brines, M., Tracey, K. J., & Chavan, S. S. (2022). High-frequency electrical stimulation attenuates neuronal release of inflammatory mediators and ameliorates neuropathic pain. *Bioelectronic medicine*, 8(1), 16. <https://doi.org/10.1186/s42234-022-00098-8>
22. Moezy, A., Masoudi, S., Nazari, A., & Abasi, A. (2024). A controlled randomized trial with a 12-week follow-up investigating the effects of medium-frequency neuromuscular electrical stimulation on pain, VMO thickness, and functionality in patients with knee osteoarthritis. *BMC musculoskeletal disorders*, 25(1), 158. <https://doi.org/10.1186/s12891-024-07266-8>
23. Vanderthommen, M., Duteil, S., Wary, C., Raynaud, J. S., Leroy-Willig, A., Crielaard, J. M., & Carlier, P. G. (2003). A comparison of voluntary and electrically induced contractions by interleaved ¹H- and ³¹P-NMRS in humans. *Journal of applied physiology (Bethesda, Md. : 1985)*, 94(3), 1012–1024. <https://doi.org/10.1152/jappphysiol.00887.2001>
24. Brzycki, M. (1993). Strength testing: Predicting a one-rep max from reps-to-fatigue. *Journal of Physical Education, Recreation & Dance*, 64(1), 88-90. doi:10.1080/07303084.1993.10606684
25. Gussoni, M., Moretti, S., Vezzoli, A., Genitoni, V., Giardini, G., Balestra, C., Bosco, G., Pratali, L., Spagnolo, E., Montorsi, M., & Mrakic-Sposta, S. (2023). Effects of Electrical Stimulation on Delayed Onset Muscle Soreness (DOMS): Evidences from Laboratory and In-

Field Studies. Journal of functional morphology and kinesiology, 8(4), 146.
<https://doi.org/10.3390/jfmk8040146>

26. Warren, C. D., Szymanski, D. J., & Landers, M. R. (2015). Effects of Three Recovery Protocols on Range of Motion, Heart Rate, Rating of Perceived Exertion, and Blood Lactate in Baseball Pitchers During a Simulated Game. Journal of strength and conditioning research, 29(11), 3016–3025. <https://doi.org/10.1519/JSC.0000000000000487>

27. Beedie, C. J., & Foad, A. J. (2009). The placebo effect in sports performance: a brief review. Sports medicine (Auckland, N.Z.), 39(4), 313–329. <https://doi.org/10.2165/00007256-200939040-00004>

28. Babault, N., Cometti, G., Bernardin, M., Pousson, M., & Chatard, J. C. (2007). Effects of electromyostimulation training on muscle strength and power of elite rugby players. Journal of strength and conditioning research, 21(2), 431–437. <https://doi.org/10.1519/R-19365.1>

29. Filipovic, A., Kleinöder, H., Dörmann, U., & Mester, J. (2012). Electromyostimulation--a systematic review of the effects of different electromyostimulation methods on selected strength parameters in trained and elite athletes. Journal of strength and conditioning research, 26(9), 2600–2614. <https://doi.org/10.1519/JSC.0b013e31823f2cd1>

30. Maffiuletti, N. A., Dugnani, S., Folz, M., Di Pierno, E., & Mauro, F. (2002). Effect of combined electrostimulation and plyometric training on vertical jump height. Medicine and science in sports and exercise, 34(10), 1638–1644. <https://doi.org/10.1097/00005768-200210000-00016>

31. Hunter S. K. (2014). Sex differences in human fatigability: mechanisms and insight to physiological responses. *Acta physiologica (Oxford, England)*, 210(4), 768–789. <https://doi.org/10.1111/apha.12234>
32. Ansdell, P., Brownstein, C. G., Škarabot, J., Hicks, K. M., Simoes, D. C. M., Thomas, K., Howatson, G., Hunter, S. K., & Goodall, S. (2019). Menstrual cycle-associated modulations in neuromuscular function and fatigability of the knee extensors in eumenorrheic women. *Journal of applied physiology (Bethesda, Md. : 1985)*, 126(6), 1701–1712. <https://doi.org/10.1152/jappphysiol.01041.2018>
33. Hawley, S. E., Bell, Z. W., Huang, Y., Gibbs, J. C., & Churchward-Venne, T. A. (2023). Evaluation of sex-based differences in resistance exercise training-induced changes in muscle mass, strength, and physical performance in healthy older (≥ 60 y) adults: A systematic review and meta-analysis. *Ageing research reviews*, 91, 102023. <https://doi.org/10.1016/j.arr.2023.102023>
34. Kesar, T., & Binder-Macleod, S. (2006). Effect of frequency and pulse duration on human muscle fatigue during repetitive electrical stimulation. *Experimental physiology*, 91(6), 967–976. <https://doi.org/10.1113/expphysiol.2006.033886>
35. Kemmler, W., Teschler, M., Weißenfels, A., Bebenek, M., Fröhlich, M., Kohl, M., & von Stengel, S. (2016). Effects of Whole-Body Electromyostimulation versus High-Intensity Resistance Exercise on Body Composition and Strength: A Randomized Controlled Study. *Evidence-based complementary and alternative medicine : eCAM*, 2016, 9236809. <https://doi.org/10.1155/2016/9236809>

36. Arpin, D. J., Ugiliweneza, B., Forrest, G., Harkema, S. J., & Rejc, E. (2019). Optimizing Neuromuscular Electrical Stimulation Pulse Width and Amplitude to Promote Central Activation in Individuals With Severe Spinal Cord Injury. *Frontiers in physiology*, 10, 1310. <https://doi.org/10.3389/fphys.2019.01310>
37. Harris, P. R., Keen, D. A., Constantopoulos, E., Weninger, S. N., Hines, E., Koppinger, M. P., Khalpey, Z. I., & Konhilas, J. P. (2019). Fluid type influences acute hydration and muscle performance recovery in human subjects. *Journal of the International Society of Sports Nutrition*, 16(1), 15. <https://doi.org/10.1186/s12970-019-0282-y>
38. Mielgo-Ayuso, J., & Fernández-Lázaro, D. (2021). Nutrition and Muscle Recovery. *Nutrients*, 13(2), 294. <https://doi.org/10.3390/nu13020294>
39. Walsh, N. P., Halson, S. L., Sargent, C., Roach, G. D., Nédélec, M., Gupta, L., Leeder, J., Fullagar, H. H., Coutts, A. J., Edwards, B. J., Pullinger, S. A., Robertson, C. M., Burniston, J. G., Lastella, M., Le Meur, Y., Hausswirth, C., Bender, A. M., Grandner, M. A., & Samuels, C. H. (2020). Sleep and the athlete: narrative review and 2021 expert consensus recommendations. *British journal of sports medicine*, bjsports-2020-102025. Advance online publication. <https://doi.org/10.1136/bjsports-2020-102025>

Anexos

Anexo 1: Información para los participantes y consentimiento informado.

INFORMACIÓN PARA LOS PARTICIPANTES

El estudiante Fèlix Roca Expósito (froca@edu.tecnocampus.cat) del Máster Universitario en Entrenamiento Personal y Readaptación Físico-Deportiva, dirigido por Víctor Toro Román (vtoro@edu.tecnocampus.cat), está llevando a cabo el proyecto de investigación sobre el efecto de la electroestimulación local como método de recuperación entre series en un entrenamiento de fuerza muscular.

El proyecto tiene como finalidad entender la eficacia de los estímulos eléctricos en un corto periodo de tiempo dentro de una misma sesión. En primer lugar, se realizará un periodo de familiarización con la electroestimulación siguiendo los procedimientos estipulados para no generar incomodidades ni malas experiencias, en segundo lugar, se realizará un test de 1 RM unilateral en una máquina de extensión de rodilla y, al acabar esta fase inicial, iniciará la intervención que consistirá en dos sesiones separadas por mínimo una semana, las sesiones mantendrán el mismo protocolo de ejercicio, repeticiones, series, tiempo de descanso e intensidad en %1RM pero, en la primera sesión se aplicará electroestimulación durante el periodo de descanso y en la segunda no se aplicará. En el proyecto participan los siguientes centros de investigación: Tecnocampus Mataró, Smartfit Terrassa. En el contexto de esta investigación, le pedimos su colaboración para que el proyecto se pueda llevar a cabo y conseguir así unos datos objetivos útiles para avanzar en la ciencia de la actividad física y deportiva, su participación en el proyecto se haría efectiva en caso de cumplir con los siguientes criterios de inclusión : Experiencia de al menos 2 años en el mundo fitness,

experiencia ejecutando test 1RM, no tener ningún tipo de patologías general o contraindicaciones para utilizar electroestimulación (marcapasos, embarazadas, epilépticos...), no tomar medicamentos, drogas, tabaco, alcohol..., no cambiar el estilo de vida durante el estudio (descanso y nutrición), no tener experiencia con electroestimulación, no entrenar el día antes de la valoración.

El grupo será completamente aleatorio así como el orden del estímulo a cada sujeto. Esta colaboración implica participar en 4 fases: Una de contacto inicial con la electroestimulación, una segunda de tomar datos de 1RM, la tercera consistirá en una sesión de extensión de rodilla en máquina unilateral donde se realizarán 5 series de 10 repeticiones a un 65% de la 1RM utilizando la electroestimulación en los descansos entre series, por último, una sesión con mismo protocolo que la anterior pero sin electroestimulación entre series.

Se utilizará un programa estipulado de complex energy que se basa en la recuperación y activa y cuenta con las siguientes características: Duración del estímulo, 3 minutos; Amplitud de 9 Hz y una intensidad que genere movimiento muscular visible y tolerable, la cual dependerá de cada sujeto.

Para analizar la variables se utilizará una APP llamada "Physic Toolbox Suite" que servirá para calcular la velocidad de ejecución mediante el giroscopio incorporado del teléfono móvil.. Las variables a analizar y valorar son las siguientes: Velocidad de ejecución, pérdida de velocidad, RPE y dolor muscular.

Se asignará a todos los participantes un código, por lo que es imposible identificar al participante con las respuestas dadas, garantizando totalmente la confidencialidad. Los datos

que se obtengan de su participación no se utilizarán con ningún otro fin distinto del explicitado en esta investigación y pasarán a formar parte de un fichero de datos, del que será máximo responsable el investigador principal. Dichos datos quedarían protegidos mediante un sistema numérico aleatorio que servirá de pseudónimo para cada sujeto, y únicamente el investigador, Fèlix Roca Exposito, y su tutor, Víctor Toro Román tendrán acceso a estos datos.

El fichero de datos del estudio estará bajo la responsabilidad del investigador principal, ante el cual podrá ejercer en todo momento los derechos que establece la Ley Orgánica 3/2018, de 5 de diciembre, de protección de datos personales y garantía de los derechos digitales y el Reglamento general (UE) 2016/679, de 27 de abril de 2016, de protección de datos (RGPD).

Todos los participantes tienen derecho a retirarse en cualquier momento de una parte o de la totalidad del estudio, sin expresión de causa o motivo y sin consecuencias. También tienen derecho a que se les clarifiquen sus posibles dudas antes de aceptar participar y a conocer los resultados de sus pruebas.

Nos ponemos a su disposición para resolver cualquier duda que pueda surgirle.

CONSENTIMIENTO INFORMADO DEL PARTICIPANTE

Yo, _____, mayor de edad, con DNI _____, actuando en nombre e interés propio,

DECLARO QUE:

He recibido información sobre el proyecto “Efectos de la electroestimulación en la recuperación entre series en un entrenamiento de fuerza muscular”, del que se me ha entregado hoja informativa anexa a este consentimiento y para el que se solicita mi participación. He entendido su significado, me han sido aclaradas las dudas y me han sido expuestas las acciones que se derivan del mismo. Se me ha informado de todos los aspectos relacionados con la confidencialidad y protección de datos en cuanto a la gestión de datos personales que comporta el proyecto y las garantías tomadas en cumplimiento de la Ley Orgánica 3/2018, de 5 de diciembre, de protección de datos personales y garantía de los derechos digitales y el Reglamento general (UE) 2016/679, de 27 de abril de 2016, de protección de datos (RGPD).

Mi colaboración en el proyecto es totalmente voluntaria y tengo derecho a retirarme del mismo en cualquier momento, revocando el presente consentimiento, sin que esta retirada pueda influir negativamente en mi persona en sentido alguno. En caso de retirada, tengo derecho a que mis datos sean cancelados del fichero del estudio.

Así mismo, renuncio a cualquier beneficio económico, académico o de cualquier otra naturaleza que pudiera derivarse del proyecto o de sus resultados.

Por todo ello,

DOY MI CONSENTIMIENTO A:

1. Participar en el proyecto “Efectos de la electroestimulación en la recuperación entre series en un entrenamiento de fuerza muscular”
2. Que Fèlix Roca Expósito y su director/a Víctor Toro Román puedan gestionar mis datos personales y difundir la información que el proyecto genere. Se garantiza que se preservará en todo momento mi identidad e intimidad, con las garantías establecidas en la Ley Orgánica 3/2018, de 5 de diciembre, de protección de datos personales y garantía de los derechos digitales y el Reglamento general (UE) 2016/679, de 27 de abril de 2016, de protección de datos (RGPD).
3. Que los investigadores conserven todos los registros efectuados sobre mi persona en soporte electrónico, con las garantías y los plazos legalmente previstos, si estuviesen establecidos, y a falta de previsión legal, por el tiempo que fuese necesario para cumplir las funciones del proyecto para las que los datos fueron recabados.

En _____, a ____ / ____ / ____

[FIRMA PARTICIPANTE]

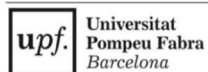
[FIRMA DEL ESTUDIANTE] [FIRMA DEL

DIRECTOR/A]

Anexo 2: Documento de aprobación del diseño



Centre universitari adscrit a la



Dr. Víctor Illera Domínguez, actuando como coordinador de la comisión de trabajos de final de Máster (TFM) del Master Universitario en Entrenamiento Personal y Readaptación Físico-deportiva de TecnoCampus (Centro universitario adscrito a la Universitat Pompeu Fabra).

CERTIFICA:

Que la comisión de TFM ha evaluado la viabilidad del proyecto presentado por Felix Roca Expósito, “Efecto de la electroestimulación local como método de recuperación entre series en un entrenamiento de fuerza muscular” como apto para su implementación.

Transmitimos esta evaluación favorable para las intervenciones descritas en el proyecto y bajo las condiciones indicadas en el mismo.

Dr. Víctor Illera Domínguez, 05/02/2024

Víctor Illera Domínguez
Z

Firmado digitalmente por Víctor Illera Domínguez