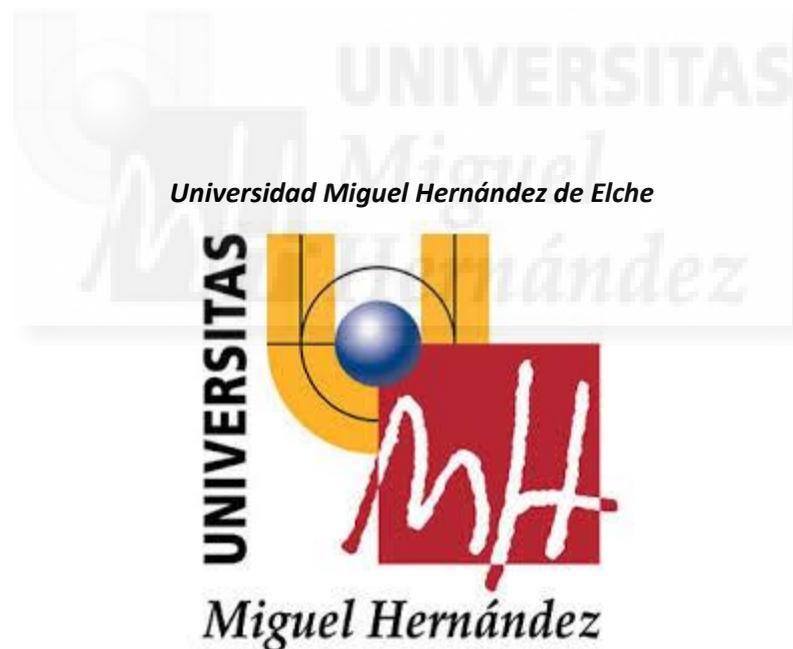


# TRABAJO FIN DE GRADO

---

**Análisis electromiográfico de movimientos de  
arrancada y cargada en Halterofilia.**



---

***Grado en Ciencias de la Actividad Física y del Deporte***

---

*Laboratorio de Biomecánica y Salud del Centro de Investigación del Deporte*

Tutor: Francisco José Vera García

Vicente R. Bernabéu Pascual

Curso 2016-2017

# ÍNDICE

RESUMEN.....	1
INTRODUCCIÓN.....	1
MATERIALES Y MÉTODO.....	3
Participante.....	3
Materiales.....	4
Registro.....	4
Tareas .....	6
Procedimiento .....	7
Tratamiento de datos.....	8
RESULTADOS.....	8
DISCUSIÓN.....	9
CONCLUSIONES.....	11
BIBLIOGRAFÍA.....	12
ANEXO.....	14

## RESUMEN

Los movimientos de halterofilia son acciones dinámicas explosivas multiarticulares, en las que participa desde la musculatura extensora del tobillo hasta la elevadora del hombro. El objetivo de este trabajo fue conocer la participación de los principales músculos involucrados en el gesto deportivo durante los movimientos competitivos y las variantes más utilizadas para su mejora durante los entrenamientos en halterofilia. Para ello se analizó mediante electromiografía de superficie los picos de activación muscular de los principales músculos extensores de tren inferior (*gastrocnemius lateralis*, *biceps femoris*, *quadriceps vastus lateralis* y *gluteus maximus*) y tronco (*erector spinae L3*, *erector spinae T9*, *latissimus dorsi* y *trapezius descendens*) durante la realización de los movimientos de competición (arrancada y cargada) y sus variantes arrancada/cargada de fuerza, tirón alto de arrancada/cargada y tirón clásico de arrancada/cargada. Los resultados mostraron que la activación muscular fue mayor durante la arrancada y sus variantes, que durante la cargada y sus variantes. Además, dentro de los dos grupos de ejercicios, la activación muscular fue mayor en las variantes de arrancada/cargada de fuerza y tirón clásico de arrancada/cargada, en comparación con los movimientos de arrancada/cargada y tirón alto de arrancada/cargada. Por otro lado, problemas relacionados con la normalización de la señal electromiográfica no permitieron determinar qué músculos alcanzaron los mayores niveles de activación en cada uno de los movimientos y ejercicios analizados.

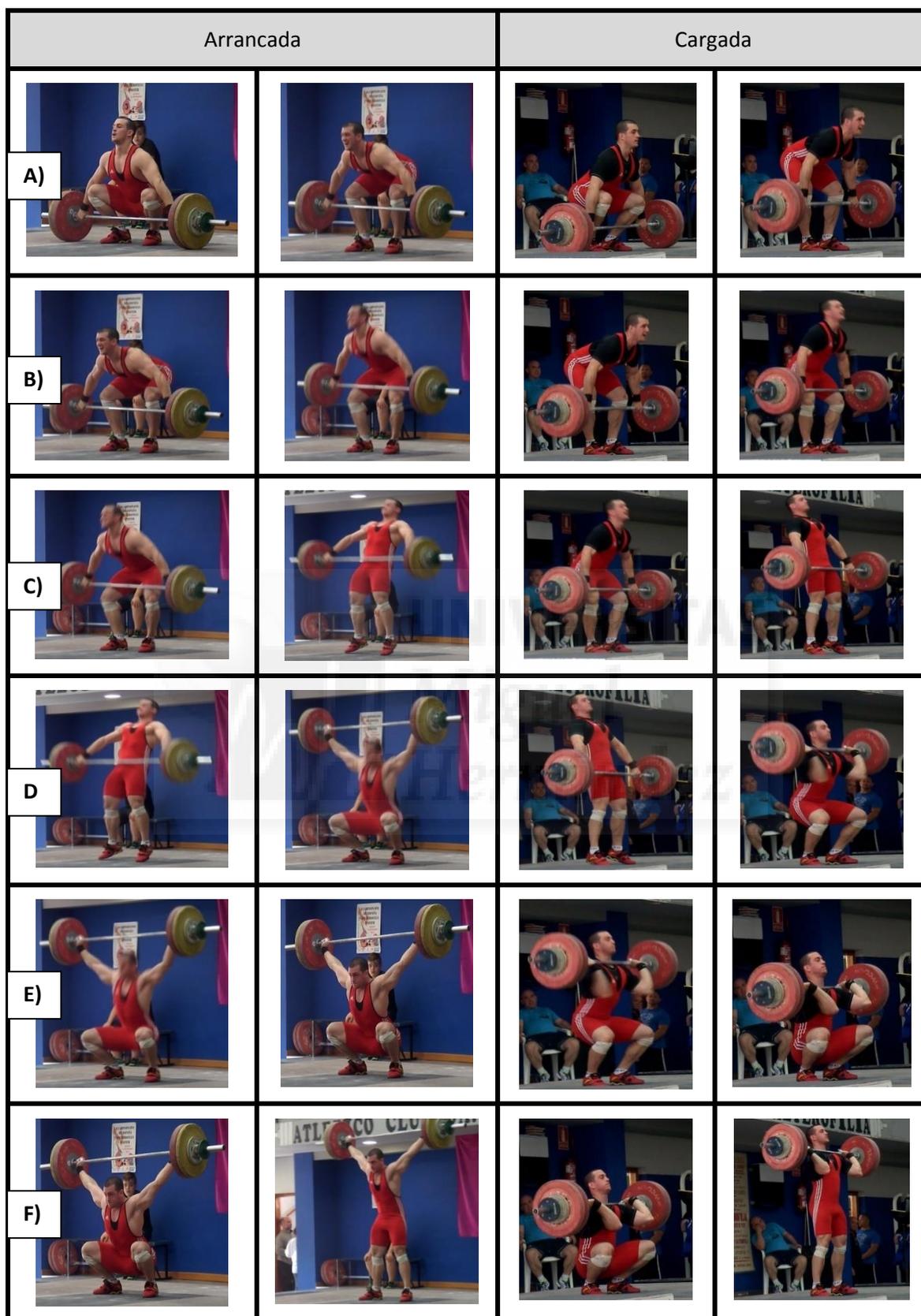
**Palabras clave:** Biomecánica, función muscular, técnica, ejercicio, deporte.

## INTRODUCCIÓN

Este trabajo se ha desarrollado dentro de la línea profesional/investigación del profesor Francisco J. Vera-García, con título: *Análisis biomecánico de la eficacia y seguridad de ejercicios de acondicionamiento muscular*. Como novedad dentro de esta línea profesional/investigación, se ha desarrollado un trabajo relacionado con la activación muscular durante el desarrollo de gestos técnicos y ejercicios de halterofilia.

La halterofilia es un deporte que forma parte de los Juegos Olímpicos desde Atenas 1896. Aunque los diferentes movimientos de competición han variado a lo largo del tiempo (Kraemer, 2006), siempre se han caracterizado por desarrollar grandes cantidades de fuerza en pequeñas unidades de tiempo. Las competiciones modernas se basan en la ejecución de dos levantamientos diferentes en el siguiente orden: 1º arrancada, 2º dos tiempos (Figura 1). En la arrancada la barra debe ser desplazada desde el suelo hasta por encima de la cabeza en un solo movimiento, para posteriormente realizar una extensión de caderas, rodillas y tobillos (Gourgoulis et al., 2002). Posteriormente se ejecuta el dos tiempos, ejercicio que se divide en dos partes. Primero se realiza la cargada, en la que se desplaza la barra desde el suelo hasta quedar apoyada sobre los hombros y, después de una pausa obligatoria, se ejecuta el envión, donde se desplaza la barra desde la posición de reposo sobre los hombros hasta por encima de la cabeza, finalizando con una completa extensión de codos, caderas y rodillas (Gourgoulis et al., 2002). Los deportistas tienen hasta tres intentos para cada uno de los levantamientos, teniendo que sumar el mayor número de kilos posible, lo que determina el ganador de cada categoría.

Una de las formas más comunes para analizar estos movimientos de competición es dividir la arrancada y la cargada en seis fases: primer tirón, fase de transición, segundo tirón, entrada, recepción y recuperación (Chen et al., 2013; Gourgoulis et al., 2002) (Figura 1). En las tres primeras fases el halterófilo aplica la fuerza necesaria para elevar la barra lo máximo posible y en las tres últimas realiza una sentadilla para elevar la barra hasta la posición final de la arrancada o la cargada (Garhammer, 1991).



**Figura 1.** División de la arrancada y la cargada en seis fases para facilitar su análisis: A) Primer tirón; B) Transición; C) Segundo tirón; D) Entrada; E) Recuperación; F) Recepción.

Estudios biomecánicos han destacado la importancia de las tres primeras fases de la arrancada y la cargada para el rendimiento en este tipo de acciones (Gourgoulis et al., 2002; Akkus, 2012). En este sentido, se han encontrado tres factores principales relacionados con el rendimiento: a) limitar los desplazamientos horizontales de la barra durante la fase de primer tirón (como máximo 9 cm hacia el levantador) y segundo tirón (como máximo 18 cm alejándose del levantador) (Garhammer, 1985); b) un bajo descenso de la velocidad de la barra durante la fase de transición (Kipp y Harris, 2015); c) altas velocidades verticales de la barra en la fase de segundo tirón, que van desde los 1.94 a los 2.21 m/s (Garhammer, 1991). Asimismo, teniendo en cuenta que durante la fase de primer tirón la velocidad de la barra no es muy elevada, un objetivo importante del entrenamiento es desarrollar la fuerza máxima en esta fase, mientras que en la fase de segundo tirón donde la velocidad de la barra es mayor, se recomienda desarrollar la potencia muscular (Gourgoulis et al., 2000).

Estudios electromiográficos de movimientos similares a los realizados durante la arrancada y la cargada, como la sentadilla, la sentadilla frontal (Clark et al., 2012) o la sentadilla de arrancada (Aspe y Swinton, 2014), indican una notable activación de los músculos extensores del miembro inferior y el tronco. A pesar de la existencia de estudios electromiográficos de la participación de la musculatura del miembro superior durante la arrancada (Chen et al., 2013; Ernst y Jensen, 2016), no tenemos constancia de estudios electromiográficos que analicen la activación de los músculos del miembro inferior y el tronco durante estos movimientos de competición. No obstante sí tenemos información referente a la cargada de fuerza, una de las variantes de la cargada más utilizada para el entrenamiento de potencia en multitud de deportes, que siguiendo la línea de lo observado en movimientos similares presenta una activación importante de los músculos extensores de miembro inferior y tronco (Dryburgh y Psycharakis, 2016). A pesar de los datos obtenidos en este estudio, no encontramos información suficiente en la literatura sobre la activación muscular durante la realización de los principales ejercicios utilizados para la mejora de las tres primeras fases de la arrancada y la cargada, fases que como hemos comentado anteriormente, son decisivas para el éxito en estas acciones (Akkus, 2012). Disponer de esta información sería de gran utilidad para los entrenadores, ya que permitiría conocer en mayor profundidad qué músculos son más importantes en este tipo de levantamientos, así como identificar aquellos ejercicios que presentan patrones de activación más parecidos a los de la arrancada o la cargada.

Por tanto, en este trabajo de fin de grado se realizó un análisis electromiográfico de músculos del miembro inferior (*gastrocnemius lateralis*, *biceps femoris*, *quadriceps vastus lateralis* y *gluteus maximus*) y el tronco (*erector spinae L3*, *erector spinae T9* y *trapezius descendens*) durante la realización de la arrancada y la cargada, así como durante la ejecución de los principales ejercicios utilizados en el entrenamiento para la mejora de estos gestos técnicos (arrancada/cargada de fuerza, tirón alto de arrancada/cargada y tirón clásico de arrancada/cargada). El objetivo fue comparar el pico máximo de activación de los músculos referidos entre los diferentes movimientos y ejercicios analizados, así como comparar el nivel de activación entre músculos para cada una de las tareas.

## **MATERIALES Y MÉTODO**

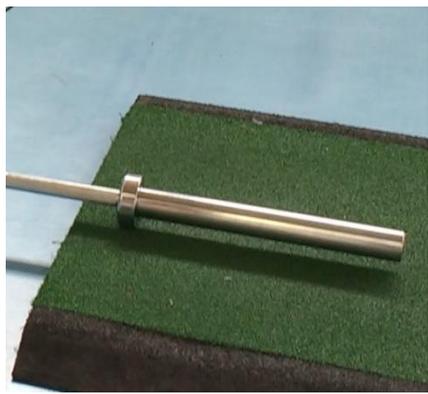
### **Participante**

El sujeto que realizó el estudio es un varón de 23 años de edad, con una altura de 1.74 m y una masa de 72 kg. El participante practica halterofilia de forma regular (2 horas al día, 5 días por semana durante los últimos 2 años) y no sufre ninguna enfermedad relevante. No obstante, hace un año sufrió una lesión en el *quadriceps vastus lateralis* de la pierna derecha, por lo que, aunque ya está completamente recuperado de esta lesión, se decidió registrar la electromiografía en el lado izquierdo del cuerpo. Este deportista tiene una marca máxima en

arrancada de 121 kg y en cargada de 125 kg. En el momento del registro su marca era de 120 kg en arrancada y 125 kg en cargada.

## Materiales

**Tabla 1.** Características de los materiales utilizados para la ejecución de los movimientos olímpicos en este trabajo.

Material	Características	Imagen
Barra olímpica.	Barra de hierro de 2.20 m de longitud y 20 kg de masa, con un diámetro de 5 cm en la zona de carga y 2.8 cm en la parte central.	
Discos olímpicos.	Discos de caucho de forma circular con un diámetro exterior de 45 cm y un anillo metálico en su interior con diámetro de 5.1 cm. El caucho tiene capacidad de absorber los impactos cuando la barra se deja caer al final del movimiento. El ancho de los discos varía en función de la masa del disco, existen de 5, 10, 15, 20 y 25 kg.	

## Registro

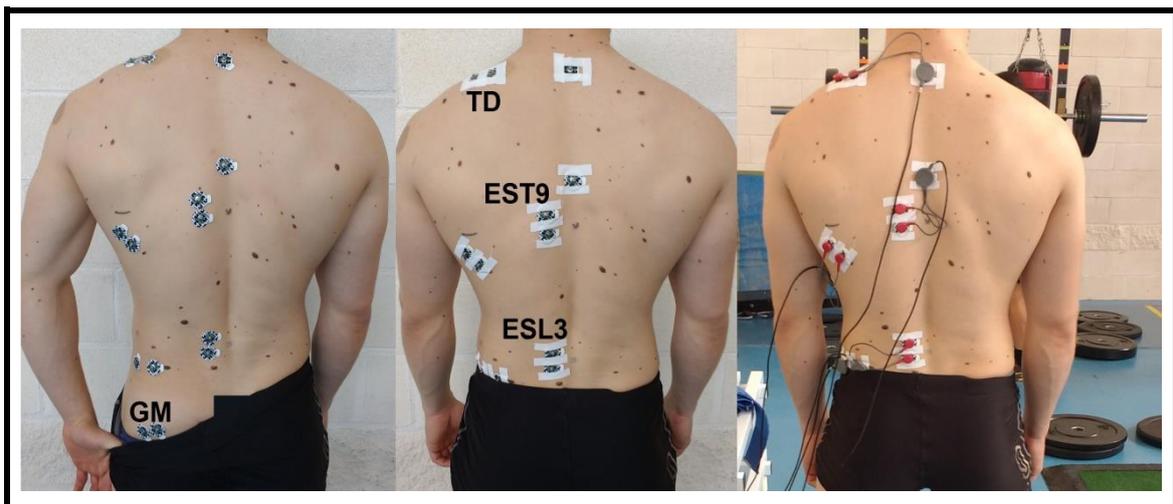
Para el registro de la electromiografía de superficie (EMG) se utilizó el electromiógrafo *Muscle Tester ME6000*<sup>®</sup> (Mega Electronics Ltd., Kuopio, Finlandia). Este electromiógrafo tiene ocho canales de registro, una conversión A/D de 14 bit, un “*Common Mode Rejection Ratio*” (CMRR) de 110dB y un filtro de banda de 8-500 Hz. La frecuencia de muestreo se programó a 1000 Hz. Durante el registro, la señal EMG fue transferida a través de un cable óptico a un ordenador portátil donde fue monitorizada mediante el programa *MegaWin 3.0*<sup>®</sup> (Mega Electronics Ltd., Kuopio, Finlandia) y almacenada para su análisis posterior.

La señal EMG fue registrada en cuatro músculos del miembro inferior y tres músculos del tronco del lado izquierdo del cuerpo durante la ejecución de los diferentes levantamientos y ejercicios de halterofilia. En el miembro inferior se pusieron electrodos en los siguientes músculos y localizaciones (SENIAM, 2017) (Figura 2): *gastrocnemius lateralis* (GL), sobre la línea imaginaria que une la cabeza del peroné y el calcáneo, a un tercio de ésta distancia desde

la cabeza del peroné; *biceps femoris* (BF), a media distancia entre la línea imaginaria que une la tuberosidad isquiática y el epicóndilo lateral de la tibia; *quadriceps vastus lateralis* (VL), sobre la línea imaginaria que une la parte superior de la cresta iliaca y el lateral externo de la rótula, a dos tercios de ésta distancia desde la cresta iliaca anterior; *gluteus maximus* (GM), a media distancia entre la línea imaginaria que une el sacro y el trocánter mayor del fémur. En relación con el tronco, la señal EMG se registró en los siguientes músculos y localizaciones (Figura 3): *erector spinae*, 3 cm a la izquierda de la apófisis espinosa de L3 (ESL3) y T9 (EST9) (Vera-García et al., 2010); *trapezius descendens* (TD), a la mitad de la distancia de la línea imaginaria que une el acromion con la apófisis espinosa de C7 (SENIAM, 2017).



**Figura 2.** Localización de los electrodos sobre los músculos del muslo y la pierna del lado izquierdo: GL, *gastrocnemius lateralis*; BF, *biceps femoris*; VL, *quadriceps vastus lateralis*. El resto de electrodos son electrodos de referencia.



**Figura 3.** Localización de los electrodos sobre los músculos del lado izquierdo de la parte posterior del tronco y la cadera: GM, *gluteus maximus*; ESL3 y EST9, *erector spinae* a nivel lumbar y dorsal; TD, *trapezius descendens*. El resto de electrodos son electrodos de referencia, así como electrodos para registrar la electromiografía del *latissimus dorsi*, la cual no se pudo registrar por problemas en uno de los cables de registro del electromiógrafo.

Se marcaron por palpación diferentes puntos anatómicos con un lápiz dérmico para facilitar la colocación de los electrodos. En el lugar donde iban colocados, se rasuró la piel y se limpió con alcohol con el objetivo de reducir la impedancia. La separación entre electrodos fue de 2.5 cm (centro-centro). Sobre el vientre muscular de los diferentes músculos, en sentido longitudinal de las fibras, se adhirieron dos electrodos de superficie Ag-AgCl (Arbo Infant Electrodes, Tyco Healthcare, Alemania) en configuración bipolar. Para constatar la correcta ubicación de los electrodos se pidió el sujeto que realizase diversas contracciones y así examinar la calidad de la señal EMG. Se agregó cinta adhesiva sobre la parte no metálica de los electrodos con el fin de mejorar la adherencia y finalmente, para proteger los electrodos y el cableado se colocó una malla de quemados (Figuras 4 y 5).

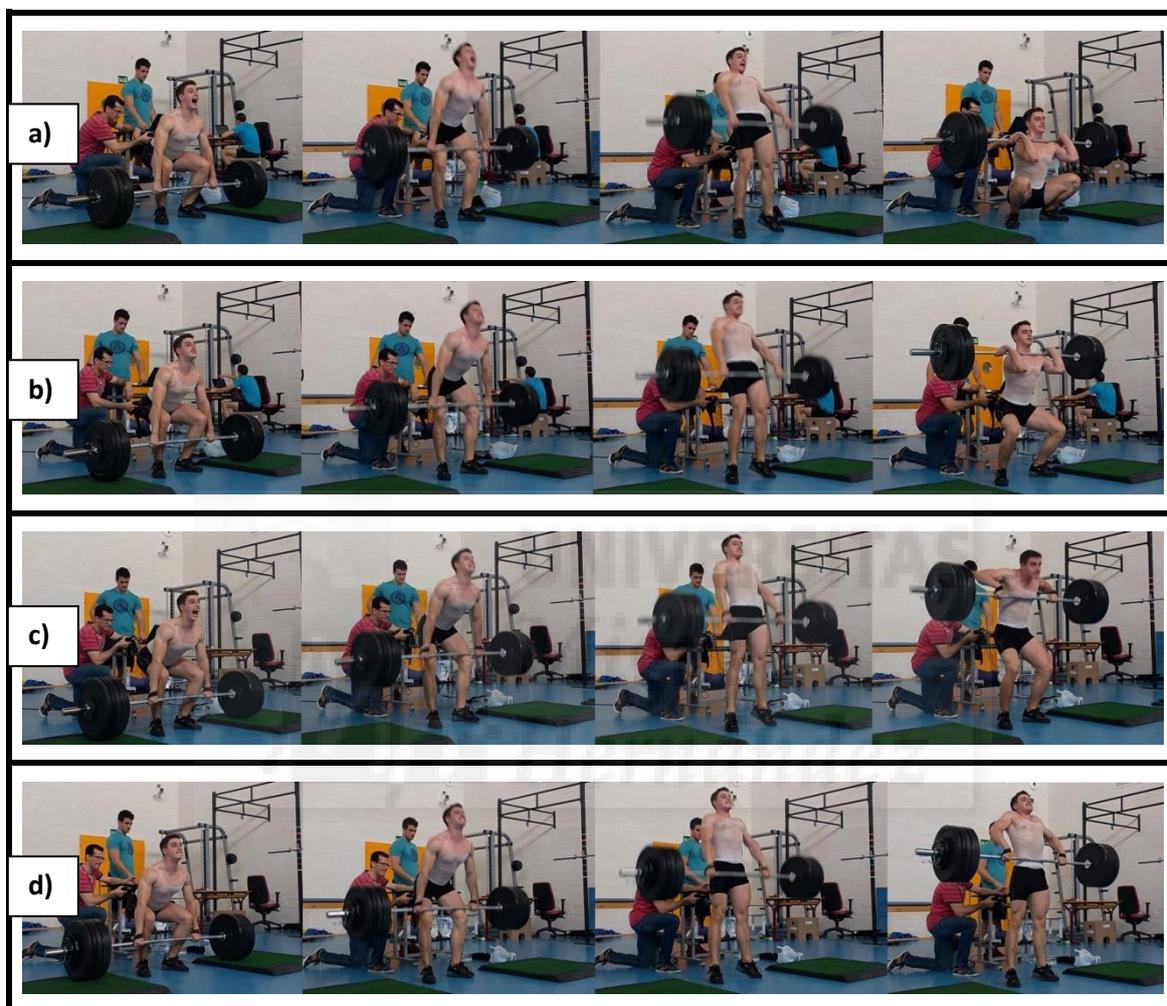
### Tareas



**Figura 4.** Ejercicios relacionados con el movimiento arrancada: a) *Arrancada*; b) *Arrancada de fuerza*; c) *Tirón alto de arrancada*; d) *Tirón clásico de arrancada*.

En la Figuras 4 y 5 se muestran los diferentes ejercicios que se realizaron durante la sesión: a) Ejercicios relacionados con el movimiento arrancada (Figura 4); b) Ejercicios relacionados con el movimiento cargada (Figura 5). Tanto en la arrancada como en la cargada los cuatro ejercicios comparten similitud en las primeras fases. Las principales características

son: a) en la arrancada/cargada se recibe la barra realizando una sentadilla completa; b) en la arrancada/cargada de fuerza se recibe la barra realizando media sentadilla; c) en el tirón alto de arrancada/cargada no existe recepción de la barra y ésta únicamente se eleva lo máximo posible manteniéndose en todo momento por delante del cuerpo; d) en el tirón clásico de arrancada/cargada tampoco existe recepción de la barra y ésta se eleva hasta la altura del abdomen.



**Figura 5.** Ejercicios relacionados con el movimiento cargada: a) *Cargada*; b) *Cargada de fuerza*; c) *Tirón alto de cargada*; d) *Tirón clásico de cargada*.

### Procedimiento

Antes de la sesión de registro de datos EMG, se realizó una primera sesión en el centro deportivo Crossfit Costablanca con el objetivo de establecer la repetición máxima (1RM) para los movimientos de arrancada y de cargada en condiciones de competición. Asimismo ésta sesión sirvió para constatar que el sujeto no realizaba errores técnicos que pudiesen suponer un riesgo para el deportista, el material o los experimentadores en el momento del análisis.

Durante la sesión de registro, en la Sala de Registro de Datos del Centro de Investigación del Deporte de la Universidad Miguel Hernández de Elche, primero se realizó una fase de familiarización donde se explicó al participante las diferentes tareas a realizar y éste realizó diferentes ejercicios de movilidad articular (rotaciones de tobillo, rodilla, cadera,

hombro, codo y muñeca) a modo de calentamiento. Posteriormente, con objeto de normalizar la señal EMG se registró la EMG durante contracciones voluntarias isométricas máximas (MVC) contra resistencia en esfuerzos de extensión de tobillo, flexión de rodilla, extensión de rodilla, extensión de cadera y elevación de hombros (siguiendo las recomendaciones de Konrad, 2005), así como en esfuerzos de extensión de la parte superior e inferior del tronco (teniendo en cuenta las recomendaciones de Vera-Garcia et al., 2010). Cada MVC duró 4-5 s y se estimuló verbalmente al participante para conseguir el mayor pico de activación posible. Se realizaron dos repeticiones de cada MVC, con 2 min de descanso entre cada una de ellas.

Tras las MVC comenzó el registro de la EMG durante los movimientos y ejercicios de halterofilia. Para ello, se siguió el orden establecido en las competiciones, es decir, se comenzó por la arrancada, utilizando incrementos de peso del 5-10% respecto a la repetición máxima (40%, 50%, 60%, 70% y 75% de 1RM) para llegar finalmente al registro de la EMG al 80% de 1RM. Posteriormente, se registró la EMG durante las diferentes variantes de la arrancada: arrancada de fuerza (al 75% de 1RM), tirón alto de arrancada (al 90% de 1RM) y tirón clásico de arrancada (100% de 1RM). De cada ejercicio se realizó una repetición a máxima velocidad, dejando 2 min de descanso entre repeticiones. Tras 5 min de descanso se procedió al registro de la EMG durante la cargada (80% de 1RM) y sus variantes (cargada de fuerza al 75% de 1RM, tirón alto de cargada al 90% de 1RM y tirón clásico de cargada al 100% de 1RM), siguiendo para ello las mismas pautas que en los movimientos de arrancada.

### **Tratamiento de datos**

En primer lugar se revisaron los datos EMG obtenidos para eliminar posibles artefactos de la señal. A continuación, la señal EMG fue rectificadas ("full wave rectified") y suavizada mediante el promedio de los datos cada 0.01 s (Software MegaWin 3.0®). Posteriormente, se calculó el pico o valor máximo de la señal EMG rectificadas y suavizadas para cada músculo en cada uno de las repeticiones realizadas y se normalizó respecto a los valores máximos obtenidos durante las MVC (%MVC).

### **RESULTADOS**

En la Tabla 2 se muestran los picos de activación normalizados de la señal EMG obtenida durante el registro de los diferentes movimientos y ejercicios de halterofilia.

Comparando entre ejercicios, en la arrancada y sus variantes se produjeron niveles máximos de activación superiores que en los movimientos relacionados con la cargada. En ambos casos las variantes arrancada/cargada de fuerza y tirón clásico de arrancada/cargada fueron las que produjeron mayores picos de activación, por encima de las arrancadas/cargadas completas y los tirones altos de ambos gestos técnicos.

Los niveles más altos de activación se encontraron en el VL, con un pico del 283% MVC durante la arrancada de fuerza y obteniendo los valores más altos en 7 de los 8 ejercicios realizados (entre 167-283% MVC). Seguido por el GL y ESL3, con picos de activación entre 130-173% MVC para el GL y entre 94-198% MVC para el ESL3 en las diferentes tareas; obteniéndose los valores máximos de ambos músculos durante el tirón clásico de cargada.

**Tabla 2.** Pico de la señal EMG de los músculos *gastrocnemius lateralis* (GL), *bíceps femoris* (BF), *quadriceps vastus lateralis* (VL), *gluteus maximus* (GM), *erector spinae* a nivel lumbar (ESL3), *erector spinae* a nivel dorsal (EST9) y *trapezius descendens* (TD) durante los diferentes movimientos y ejercicios de halterofilia.

Movimientos/Ejercicios		Pico activación EMG (% MVC)						
		GL	BF	VL	GM	ESL3	EST9	TD
Arrancada	Arrancada (80% RM)	130	121	167	118	153	125	142
	Arrancada de fuerza (75% RM)	157	113	283	83	145	158	127
	Tirón alto de arrancada (90% RM)	146	107	172	96	152	91	121
	Tirón clásico de arrancada (100% RM)	168	121	209	91	165	101	117
Cargada	Cargada (80% RM)	142	96	229	79	94	94	51
	Cargada de fuerza (75% RM)	149	105	221	65	109	101	84
	Tirón alto de cargada (90% RM)	166	91	222	70	109	72	53
	Tirón clásico de cargada (100% RM)	173	74	179	93	198	89	58

## DISCUSIÓN

El objetivo de este trabajo fue conocer la influencia de los principales músculos extensores del tren inferior y el tronco durante la realización de los movimientos de competición en halterofilia, así como tratar de determinar cuál de las variantes más utilizadas para mejorar las tres primeras fases del tirón pueden ser de mayor utilidad. Para ello se realizó un análisis EMG de la activación de dichos músculos durante la realización de ocho ejercicios, cuatro de ellos relacionados con la arrancada y otros cuatro con la cargada. En general, los resultados mostraron mayores niveles de activación muscular en los ejercicios relacionados con la arrancada. Además, dentro de los dos grupos de ejercicios, la activación muscular fue mayor en las variantes de arrancada/cargada de fuerza y tirón clásico de arrancada/cargada, en comparación con los movimientos de arrancada/cargada y tirón alto de arrancada/cargada.

Como se observa en la Tabla 2, se produjeron picos de activación anormalmente elevados en el VL (167-283% MVC) durante todos los ejercicios. Tras revisar los datos obtenidos en las MVC para este músculo, observamos que posiblemente no obtuvimos un buen dato de normalización, ya que los valores de la EMG eran mucho más bajos que en el resto de músculos. La normalización de los datos de los movimientos y ejercicios respecto a un valor anormalmente bajo resultó en valores muy elevados. Estos problemas en la normalización de la señal del VL pudieron deberse a problemas técnicos, pero no conocemos el origen exacto de los mismos. Además, aunque es normal encontrar valores por encima del 100% de la MVC en ejercicios de este tipo, sobre todo en deportistas que no realizan normalmente acciones isométricas máximas (sino acciones dinámicas explosivas), en general

los valores obtenidos en la mayoría de músculos son muy elevados, lo que pone en duda la metodología utilizada para la normalización. En este sentido, hubiera sido adecuado hacer uno o dos días de práctica de las MVC para obtener valores máximos más reales. Teniendo en cuenta los problemas referidos, no es posible extraer conclusiones de la comparación entre la activación de los diferentes músculos. Por otro lado, los problemas de normalización no afectan a la comparación entre ejercicios y movimientos.

De forma generalizada los ejercicios de arrancada produjeron mayores picos de activación que los ejercicios de cargada. Esto pudo deberse a que la arrancada es un movimiento más explosivo en el que la velocidad máxima de la barra durante el segundo tirón es un 10-20% mayor que en la cargada (Garhammer, 1985), teniendo que elevar la barra al menos hasta el 60% de la altura del levantador (Baumann et al., 1998). Además, cabe destacar que el sujeto que realizó el estudio tenía las marcas máximas de arrancada y cargada más parejas de lo habitual, siendo su 1RM de arrancada el 96% de su 1RM de cargada, cuando lo habitual es el 80-85% (Everett, 2014). Posiblemente, si el deportista hubiera tenido mayores diferencias entre su 1RM de arrancada y cargada, las diferencias entre los ejercicios de arrancada y cargada hubieran sido menores. No obstante, se precisa de nuevos estudios EMG con más participantes para poder establecer las verdaderas diferencias en la activación muscular entre ambos tipos de ejercicios

El TD presentó una activación notablemente superior en la arrancada que en la cargada, lo que parece estar relacionado con la diferencia del ancho en el agarre entre ambos levantamientos. En este sentido, en la arrancada el agarre está más alejado de los hombros lo que implica un mayor brazo de resistencia respecto al hombro. Además, en comparación con la cargada, en este tipo de acciones se produce un mayor movimiento de elevación del hombro, lo que precisa de una mayor participación del TD. Asimismo, podemos ver como en general la activación de los extensores de tronco (ESL3 y EST9) fue ligeramente superior en la arrancada que en la cargada, lo que puede deberse a que en la arrancada al utilizar un ancho de agarre superior precisa de una mayor extensión del raquis para facilitar la elevación de la carga. No obstante, sería interesante realizar análisis similares sincronizados con grabaciones de video y poder conocer las activaciones de los diferentes músculos en diferentes fases del movimiento.

En cuanto a los extensores de cadera, tanto la activación del GM como del BF fue mayor en las diferentes variaciones de la arrancada que de la cargada, lo que puede ser debido a que el rendimiento de la arrancada en este sujeto depende en gran parte de la fuerza extensora de la cadera, siendo más importante durante intentos máximos (Baumann et al., 1988). En este sentido, sería interesante realizar estudios donde se compare la activación muscular bajo diferentes cargas, en especial al realizar intentos máximos, para ver si a partir de determinadas intensidades predomina algún músculo sobre otros o se mantiene una relación similar entre músculos a lo largo de los diferentes intentos como sucede con las cargadas de fuerza del 70% al 90% de la RM (Dryburgh y Psycharakis, 2016).

En este trabajo se analizaron los movimientos con una intensidad relativa concreta en base a la bibliografía del deporte y a cuestiones de seguridad del material, por lo que variaciones de la intensidad para cada ejercicio podrían presentar resultados diferentes. Debido a la necesidad de calentamiento específico para cada movimiento y la cantidad de ejercicios a realizar no fue posible establecer un orden aleatorio, por lo que se optó por seguir un orden similar al que sucede en las competiciones, lo que pudo generar cierta fatiga en los movimientos realizados al final de la sesión.

Es necesario realizar más trabajos de investigación para determinar cuál de las variantes utilizadas para la mejora del tirón puede ser más útil ya que se realizó un diseño basado en las aplicaciones prácticas más comunes. Futuros estudios realizados con muestras

mayores deberían permitir generalizar los resultados, ya que los obtenidos en este trabajo solo representan al sujeto participante y únicamente deberían servir como una guía en caso de aplicarse a otros sujetos.

## **CONCLUSIONES**

Según los datos obtenidos en este trabajo, las diferentes variaciones de la arrancada produjeron mayores niveles de activación muscular que las diferentes variaciones de la cargada. Además, dentro de los dos grupos de ejercicios, la activación muscular fue mayor en la arrancada/cargada de fuerza y en el tirón clásico de arrancada/cargada, en comparación con los movimientos de arrancada/cargada y el tirón alto de arrancada/cargada.

En relación con la comparación entre músculos, problemas relacionados con la normalización de la señal EMG no permitieron establecer de forma adecuada qué músculos son los que alcanzan mayores niveles de activación durante los diferentes movimientos y ejercicios.



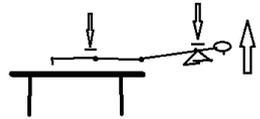
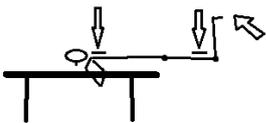
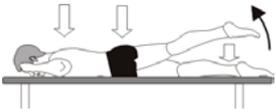
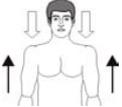
## BIBLIOGRAFIA

1. Kraemer, W. (2006). *Entrenamiento de la fuerza*. Editorial Hispano Europea.
2. Gourgoulis, V., Aggeloussis, N., Antoniou, P., Christoforidis, C., Mavromatis, G., & Garas, A. (2002). Comparative 3-dimensional kinematic analysis of the snatch technique in elite male and female greek weightlifters. *The Journal of Strength & Conditioning Research*, 16(3), 359-366.
3. Ebada, K., Tamam, A., & Radwan, N. (2016). Effect of assistance exercises for the snatch on barbell speed and performance for weightlifters. *Turkish Journal of Kinesiology*, 1(1).
4. Kipp, K., & Harris, C. (2015). Patterns of barbell acceleration during the snatch in weightlifting competition. *Journal of sports sciences*, 33(14), 1467-1471.
5. AkkuS, H. (2012). Kinematic analysis of the snatch lift with elite female weightlifters during the 2010 World Weightlifting Championship. *The Journal of Strength & Conditioning Research*, 26(4), 897-905.
6. Clark, D. R., Lambert, M. I., & Hunter, A. M. (2012). Muscle activation in the loaded free barbell squat: a brief review. *The Journal of Strength & Conditioning Research*, 26(4), 1169-1178.
7. Aspe, R. R., & Swinton, P. A. (2014). Electromyographic and kinetic comparison of the back squat and overhead squat. *The Journal of Strength & Conditioning Research*, 28(10), 2827-2836.
8. Chen, S. K., Wu, M. T., Huang, C. H., Wu, J. H., Guo, L. Y., & Wu, W. L. (2013). The analysis of upper limb movement and EMG activation during the snatch under various loading conditions. *Journal of Mechanics in Medicine and Biology*, 13(01), 1350010.
9. Gourgoulis, V., Aggeloussis, N., Mavromatis, G., & Garas, A. (2000). Three-dimensional kinematic analysis of the snatch of elite Greek weightlifters. *Journal of sports sciences*, 18(8), 643-652.
10. Kipp, K., Redden, J., Sabick, M. B., & Harris, C. (2012). Weightlifting performance is related to kinematic and kinetic patterns of the hip and knee joints. *The Journal of Strength & Conditioning Research*, 26(7), 1838-1844.
11. Garhammer, J. (1985). Biomechanical profiles of Olympic weightlifters. *International Journal of Sport Biomechanics*, 1(2), 122-130.
12. Garhammer, J. (1991). A comparison of maximal power outputs between elite male and female weightlifters in competition. *International Journal of Sport Biomechanics*, 7(1), 3-11.
13. Baumann, W., Gross, V., Quade, K., Galbierz, P., & Schwirtz, A. (1988). The snatch technique of world class weightlifters at the 1985 world championships. *International Journal of Sport Biomechanics*, 4(1), 68-89.
14. Ernst, A. T., & Jensen, R. L. (2016). Rotator cuff activation during the Olympic snatch under various loading conditions. In *ISBS-Conference Proceedings Archive* (Vol. 33, No. 1).
15. Dryburgh, I., & Psycharakis, S. G. (2016). Muscle Activation under Different Loading Conditions during the Power Clean. *International Journal of Performance Analysis in Sport*, 16(2), 464-474.
16. Vera-Garcia, F. J., Moreside, J. M., & McGill, S. M. (2010). MVC techniques to normalize trunk muscle EMG in healthy women. *Journal of Electromyography and Kinesiology*, 20(1), 10-16.

17. Konrad, P. (2005). The abc of EMG. *A practical introduction to kinesiological electromyography*, 1, 30-35.
18. Everett, G. (2014). *Olympic weightlifting: A complete guide for athletes & coaches*, United States, Catalyst Athletics, inc.



**ANEXO 1. HOJA DE REGISTRO DE LA “EMG”**

Nombre/Dibujo	Descripción de la tarea
<b>1. Contracciones Voluntarias Máximas</b>	
	(GM, ESL3, EST9, LD, BF)
	(GM, ESL3, EST9, LD, BF)
	(GM)
	(BF)
	(VL)
	(GL)
	(TD)
<b>2. Arrancada y variantes</b>	
<p><b>Arrancada (80% RM)</b></p>	
<p><b>Arrancada de fuerza (75% RM)</b></p>	

<b>Tirón alto de arrancada (90% RM)</b>	
<b>Tirón clásico de arrancada (100% RM)</b>	
<b>3. Cargada y variantes</b>	
<b>Cargada (80% RM)</b>	
<b>Cargada de fuerza (75% RM)</b>	
<b>Tirón alto de cargada (90% RM)</b>	
<b>Tirón clásico de cargada (100% RM)</b>	