

TRABAJO FINAL DE GRADO



Activación de los músculos del core en diferentes ejercicios con landmine

Alumno: Javier Castaño Cortés

Tutor académico: Francisco José Vera García

Grado en Ciencias de la Actividad Física y el Deporte

Contenido

Resumen	3
Introducción.....	4
Método	5
Participante	5
Instrumental y registro de datos.....	5
Tareas y procedimientos	6
Tratamiento de datos.....	11
Resultados.....	10
Conclusiones y limitaciones	12
Bibliografía.....	13



Resumen

El landmine es una herramienta cuyo uso se ha popularizado en los centros de entrenamiento y el mundo del fitness. Entre las posibilidades que ofrece este material destaca la realización de ejercicios de estabilidad del core en posiciones más funcionales de las habituales en los ejercicios convencionales realizados en suelo. Se desconoce la existencia de estudios previos que analicen los niveles de activación de los músculos del tronco y la cadera durante este tipo de ejercicio, a pesar de sus posibles beneficios. El objetivo de este Trabajo Fin de Grado fue evaluar la activación muscular del gran dorsal (GD), erector espinal (EE), oblicuo interno (OI), oblicuo externo (OE), recto del abdomen (RA), glúteo medio (GMd), glúteo mayor (GMy) y recto femoral (RF) de un sujeto físicamente activo durante la realización de siete ejercicios de estabilidad del core realizados con landmine: Desplazamiento Lateral de la Barra (DL), Desplazamiento Lateral de la Barra Pivotando (DLP), Desplazamiento Lateral de la Barra con Zancada (DLZ), Desplazamiento Lateral de la Barra con Sentadilla (DLS), Zancada con Empuje de la Barra (ZE), Sentadilla con Giro (SG) y Zancada con Giro y Empuje de la Barra (ZG). Tras realizar una sesión de familiarización, se utilizó electromiografía de superficie para registrar la activación muscular durante la ejecución de los siete ejercicios, los cuales se realizaron hacia ambos lados (derecho e izquierdo), dando un total de 14 tareas. Tras el registro de los datos, la señal electromiográfica fue rectificadora, suavizada y normalizada respecto a valores máximos obtenidos durante contracciones voluntarias isométricas máximas (CVM). Los resultados demostraron que los niveles medios de activación muscular necesarios para mantener la región lumbo-pélvica en posición neutra durante la movilización de la barra fueron de bajos a moderados para el EE, el OI, el GMy, el GMd y el RF. Por otro lado, la activación de los músculos GD, RA y OE fue muy baja, alcanzando valores medios $\leq 6,4\%$ CVM. El EE obtuvo los mayores niveles de activación media y pico en la mayoría de los ejercicios, con la excepción de la ZG, tarea que activó principalmente al OI, seguido del GMy. Después del EE, el OI fue el músculo que registró los mayores niveles de activación en los ejercicios DL, DLP, DLZ y ZE. Los músculos GMy, GMd y RF se activaron principalmente en aquellos ejercicios con mayor demandas tren inferior, especialmente el DLP y la ZE hacia la derecha y la ZG y la SG hacia la izquierda para GMy y GMd y el DLS para RF.

Palabras clave: Electromiografía, estabilidad, tronco, cadera, entrenamiento funcional.

Introducción

La estabilidad del core es la capacidad de las estructuras osteoarticulares y musculares, coordinadas por el sistema de control motor, para mantener o retomar una posición o trayectoria del tronco ante las fuerzas externas y/o internas a las que es sometido (Vera-García et al., 2014). Los ejercicios para el desarrollo de esta cualidad son elementos habituales de los programas para la mejora de la salud (Oliva-Lozano et al., 2020) y del rendimiento deportivo (Zemková et al., 2022; Akif Afyon et al., 2014; Doğanay et al., 2020), así como para la prevención de lesiones en el deporte (Vera-García et al., 2015; Leetun et al., 2004; Cochrane et al., 2017).

Entre los ejercicios de estabilidad del core más populares destacan los puentes o planchas y el bird-dog (Calatayud et al., 2019; García Vaquero et al., 2012; Vera-García et al., 2015), que consisten en retar la capacidad para mantener la columna y la pelvis en posición neutra, en diferentes posturas realizadas en suelo (decúbito prono, decúbito supino, decúbito lateral y cuadrupedia, principalmente) con la pelvis elevada y con apoyo en varias extremidades (Heredia-Elvar, 2023). A pesar de los posibles beneficios del uso de estos ejercicios (Dimitrijevič et al., 2022; Fredericson et al., 2005; Thabet et al., 2019; Zahiri et al., 2022), los puentes y el bird-dog se realizan en posiciones poco funcionales, por lo que, considerando la especificidad de las adaptaciones y medidas de estabilidad del core (Barbado et al., 2016), es posible que estos ejercicios produzcan mejoras de estabilidad especialmente en las posiciones de entrenamiento, pero que no tengan un impacto tan relevante en posiciones más funcionales. En este sentido, actualmente, existe gran interés por utilizar ejercicios encaminados a un entrenamiento más funcional (Ríos, 2015), prescribiendo ejercicios con una mayor relación o similitud con las actividades de la vida doméstica, laboral y/o deportiva de los participantes.

Entre los ejercicios de estabilidad del core realizados en posiciones más funcionales encontramos ejercicios como el Press Pallof (Mullane et al., 2021), el avión o aeroplano (Cochrane et al., 2017), ejercicios con barras oscilantes (Park et al., 2017), ejercicios realizados con kettlebells (Andersen et al., 2016), ejercicios realizados con landmine (Collins et al., 2021), entre otros. Sin embargo, a pesar de que son muchos los estudios electromiográficos que han analizado la participación de los músculos del tronco durante la ejecución de diferentes variantes de los puentes y el bird-dog (Oliva-Lozano et al., 2020; Escamilla et al., 2016; Calatayud et al., 2019; Vera-García et al., 2012), son menos los estudios que han valorado la participación muscular en los ejercicios más funcionales. Así, por ejemplo, solo tenemos constancia de un estudio que ha analizado la activación de los músculos del tronco durante una variante del Press Pallof (McGill et al., 2009) y no tenemos constancia de estudios electromiográficos que hayan analizado la activación de estos músculos durante ejercicios realizados con landmine.

El landmine es una herramienta que consta de una barra de hierro con un extremo fijo situado en un fulcro y un extremo libre que es manipulado por la persona. El landmine permite realizar ejercicios en diferentes posiciones (de pie, de rodillas, posición de zancada, posición de caballero, posición de sentadilla, etc.) y con distintas angulaciones de la barra respecto al suelo, generando diferentes momentos angulares, en acciones de tracción, empuje, transferencia de peso, etc. Se puede incorporar discos de diferente masa para incrementar la intensidad de los ejercicios y realizar movimientos en diferentes planos, no sólo en el plano vertical característico de los ejercicios convencionales. Todo ello, facilita la realización de ejercicios con características biomecánicas más similares a las acciones deportivas, o a los movimientos realizados en el ámbito laboral o doméstico.

Debido a la posibilidad de realizar ejercicios funcionales con este tipo de material, el uso del landmine se está popularizando en los centros de entrenamiento, por ejemplo, para el entrenamiento de la musculatura del core a través de ejercicios de empuje y tracción de la barra, movimientos de la barra en diferentes direcciones y planos, acciones de giro, etc. No obstante, a pesar de su creciente popularidad, son escasos los estudios biomecánicos que han analizado la eficacia y seguridad del uso de este material.

Por tanto, con el propósito de mejorar el conocimiento sobre la biomecánica de los ejercicios de estabilidad del core realizados en posiciones no convencionales, el objetivo de este Trabajo de Fin de Grado fue analizar la activación de músculos del tronco y la cadera [Oblicuo Interno (OI), Oblicuo Externo (OE), Recto del Abdomen (RA), Erector Espinal (EE), Gran Dorsal (GD), Glúteo Mayor (GM), Glúteo Medio (Gm) y Recto Femoral (RF)] durante la ejecución de siete ejercicios realizados con landmine.

Método

Participante

El estudio se realizó con un hombre de 22 años, una altura de 1,79 m y 75 kg de masa corporal. El participante era una persona físicamente activa que practicaba fútbol de forma amateur y estaba adaptado al entrenamiento del core. No obstante, no estaba familiarizando con la ejecución de ejercicios de estabilidad del core con landmine. Antes de realizar los ejercicios se verificó que el participante no presentaba ninguna lesión musculoesquelética o neurológica que contraindicara la realización de los mismos. Además, se informó al participante de que no podía realizar ningún tipo de entrenamiento ni consumir alcohol, cafeína o productos estimulantes en las 24 horas previas a la toma de datos. Todos los procedimientos se desarrollaron de acuerdo con la declaración de Helsinki y fueron aprobados por el Comité de Ética e Integridad en la Investigación del Vicerrectorado de Investigación de la Universidad Miguel Hernández de Elche (Código de Investigación Responsable: TFG.GAF.FJVG.JCG.240109).

Instrumental y registro de datos

Para el registro de la señal electromiográfica (EMG) de los músculos del tronco y la cadera se utilizó un electromiógrafo de superficie Muscle Tester ME6000® (Mega Electronics Ltd., Kuopio, Finlandia). Este dispositivo tiene 8 canales con una conversión analógico/digital de 14 bits, un filtro de banda de 8-500 Hz y una relación de rechazo al modo común de 110 dB. La frecuencia de muestreo se programó a 1000 Hz, y los datos EMG registrados se transmitieron con un cable óptico a un ordenador portátil con el programa MegaWin 3.0® para poder analizarlos con posterioridad. Asimismo, se utilizó un metrónomo para marcar y estandarizar la cadencia de la ejecución durante la realización de los diferentes ejercicios con landmine.

Se colocaron electrodos de superficie desechables Ag-AgCl (Arbo Infant Electrodes, Tyco Healthcare, Germany) en toma bipolar (2,5 cm de separación entre el centro de los electrodos) y en el sentido longitudinal de las fibras de los vientres musculares de los siguientes músculos OI, OE, RA, EE, GD, GMy, GMd y RF del lado derecho del participante (Figura 1). Para la colocación de los electrodos se utilizaron como referencia los lugares de colocación utilizados previamente por Vera-Garcia et al. (2010) para los músculos OE, OI, RA y EE y las recomendaciones del SENIAM (2017) para GD, GMy y RF. Durante el protocolo de colocación se hicieron marcas sobre la piel con un lápiz dérmico, se rasuró el vello y se limpió la piel con alcohol para reducir la impedancia. Tras la colocación de los electrodos se pidió al participante que realizara diferentes contracciones para corroborar su correcta colocación y observar la calidad del registro de la señal EMG.



Figura 1. Colocación de los electrodos sobre el recto del abdomen (RA), oblicuo interno (OI), oblicuo externo (OE), recto femoral (RF), gran dorsal (GD), erector espinal (EE), glúteo mayor (GMy) y glúteo medio (GMd).

Antes del registro de la electromiografía en los ejercicios con landmine, se realizaron contracciones voluntarias isométricas máximas (CVM) para obtener datos de referencia con los que normalizar la señal EMG (Vera-García et al., 2010). Cada CVM tuvo una duración de 3-4 s, donde el participante intentó realizar diferentes movimientos contra resistencia manual aplicada por los experimentadores, los cuales estimularon verbalmente al participante para facilitar la obtención de los valores máximos. Para conseguir la máxima activación muscular se realizaron las siguientes acciones isométricas: (RA) acciones máximas de flexión del tronco; (OI y OE) acciones máximas de rotación e inclinación del tronco para ambos lados; (EE) acciones máximas de extensión del tronco; (GD) acciones máximas de extensión y aducción del hombro; (RF) acciones máximas de extensión de rodilla; (GMy) acciones máximas de extensión de cadera; (GMd) acciones máximas de abducción de cadera. Se llevaron a cabo dos repeticiones para cada CVM, con un descanso de 1 min entre repeticiones.

Tareas y procedimientos

La semana anterior al registro de los datos EMG se hizo una sesión de familiarización del participante con los diferentes ejercicios a realizar. En dicha sesión se estandarizó la posición inicial del participante, la amplitud y la cadencia del movimiento y la forma y lugar de agarre de la barra en las diferentes tareas.

En la sesión de registro se realizaron siete ejercicios con landmine en el orden que se muestra a continuación. Los ejercicios se realizaron tanto por lado derecho, como por el lado izquierdo, lo que resultó en un total de 14 tareas. Durante la ejecución de todos los ejercicios se hizo hincapié en que el participante pusiera el foco en la región lumbo-pélvica, intentando mantener la columna lo más neutra posible.

1. Desplazamiento lateral de la Barra (DL). El participante se colocó de pie, con los pies paralelos y separados 35 cm (distancia correspondiente al diámetro biacromial del participante), agarrando la barra con codos extendidos, mano dominante a la altura de la nariz y mano no dominante inmediatamente arriba (Figura 2A). Desde la posición referida el participante desplazó la barra lateralmente hasta la cadera derecha o izquierda (Figura 2B), para volver posteriormente a la posición inicial (Figura 2A). Durante todo el ejercicio el participante intentó mantener los codos lo más extendidos posible.

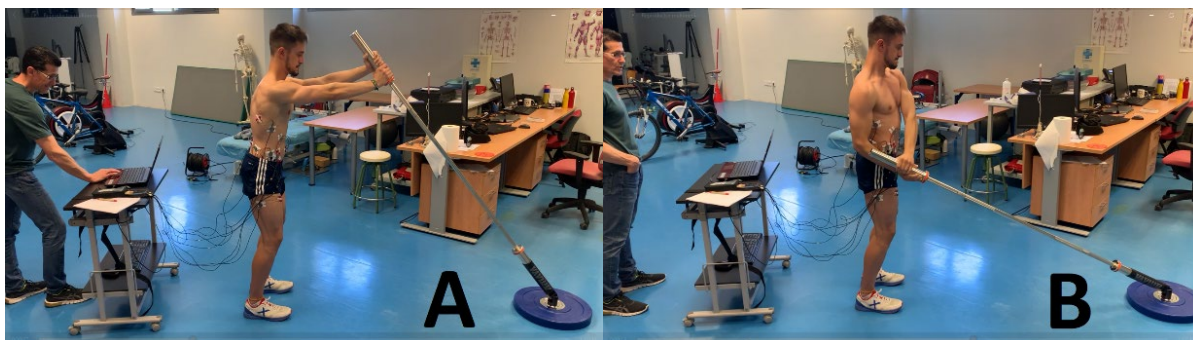


Figura 2. Imágenes del participante realizando una repetición del Desplazamiento Lateral de la Barra (DL) hacia el lado derecho: A) posición inicial y final; B) posición intermedia mostrando el final del desplazamiento de la barra hacia el lado derecho.

2. Desplazamiento Lateral Pivotando (DLP). El participante se colocó de pie, con los pies paralelos y separados 52,5 cm (distancia correspondiente al diámetro biacromial del participante multiplicado por 1,5), agarrando la barra con codos extendidos, mano dominante a la altura de la nariz y mano no dominante inmediatamente arriba (Figura 3A). Desde la posición referida el participante pivotó lateralmente hacia derecha o izquierda, girando el cuerpo 90°, flexionando las rodillas y desplazando la barra hasta la rodilla del lado de giro (Figura 3B), para volver posteriormente a la posición inicial (Figura 3A). Durante todo el ejercicio el participante intentó mantener los codos lo más extendidos posible.



Figura 3. Imágenes del participante realizando una repetición del Desplazamiento Lateral Pivotando de la Barra (DLP) hacia el lado derecho: A) posición inicial y final; B) posición intermedia mostrando el final del desplazamiento de la barra hacia el lado derecho.

3. Desplazamiento Lateral de la Barra con Zancada (DLZ). El participante se colocó de pie, con los pies paralelos y separados 35 cm (distancia correspondiente al diámetro biacromial del participante), agarrando la barra con codos extendidos, mano dominante a la altura de la nariz y mano no dominante inmediatamente arriba (Figura 4A). Desde la posición referida el participante giró el cuerpo lateralmente a derecha o izquierda unos 50°, dando una zancada hacia el lado de giro con la pierna contraria, flexionando rodillas y llevando la barra hasta la rodilla del lado de giro (Figura 4B), para volver posteriormente a la posición inicial (Figura 4A). En relación con la amplitud de la zancada, la separación entre la punta de los pies fue aproximadamente de 68 cm. Durante todo el ejercicio el participante intentó mantener los codos lo más extendidos posible.

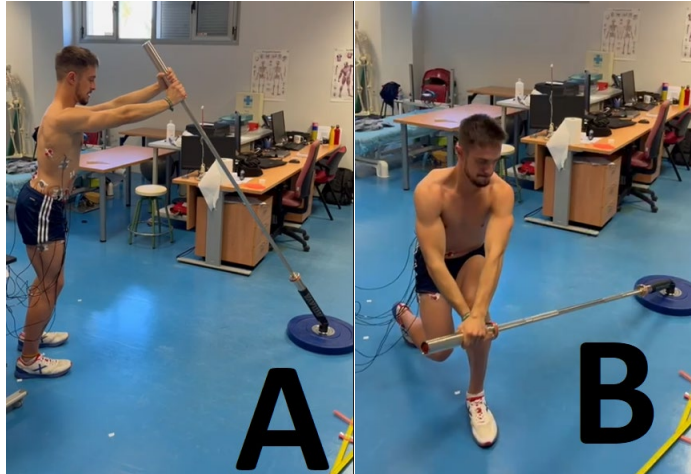


Figura 4. Imágenes del participante realizando una repetición del Desplazamiento Lateral de la Barra con Zancada (DLZ) hacia el lado derecho: A) posición inicial y final; B) posición intermedia mostrando el final del desplazamiento de la barra hacia el lado derecho.

4. Desplazamiento Lateral de la Barra con Sentadilla (DLS). El participante se colocó de pie, con los pies paralelos y separados 52,5 cm (distancia correspondiente al diámetro biacromial del participante multiplicado por 1,5), agarrando la barra con codos extendidos, mano dominante a la altura de la nariz y mano no dominante inmediatamente arriba (Figura 5A). Desde la posición referida el participante realizó una sentadilla (flexión de cadera de 90° y flexión del tronco de 45°, aproximadamente), sin levantar los talones, mientras flexionaba los codos para llevar la barra al hombro derecho o izquierdo (Figura 5B) y volver posteriormente a la posición inicial (Figura 5A).



Figura 5. Imágenes del participante realizando una repetición del Desplazamiento Lateral de la Barra con Sentadilla (DLS) hacia el lado derecho: A) posición inicial y final; B) posición intermedia mostrando el final del desplazamiento de la barra hacia el lado derecho.

5. Zancada con Empuje de la Barra (ZE). El participante se colocó en posición de zancada (con una separación entre la punta del pie adelantado de 60 cm en diagonal a la rodilla trasera apoyada en el suelo), agarrando la barra a la altura del pecho, con la mano dominante de bajo de la no dominante y la barra apoyada en el acromion del lado derecho o izquierdo en función del lado de ejecución (Figura 6A). Desde la posición referida el participante realizó una zancada, hasta colocarse de pie con los pies paralelos, mientras extendía los codos para colocar la barra delante, con las manos a la altura de la cara (Figura 6B). Posteriormente, el participante volvía a la posición de inicio, pero por el lado contrario, es decir, desplazando la barra hasta apoyarla sobre el otro hombro.



Figura 6. Imágenes del participante realizando una repetición de la Zancada con Empuje de la Barra (ZE) por el lado derecho: A) posición inicial; B) posición intermedia mostrando el final del desplazamiento de la barra y el final de la zancada durante la fase de empuje.

6. Sentadilla con Giro Izquierda y Derecha (SG – I/D). El participante se colocó en posición de sentadilla (flexión de cadera de 90° y flexión del tronco de 45°, aproximadamente), agarrando la barra con la mano dominante debajo de la no dominante, con los codos extendidos, una separación entre pies de 52,5 cm (distancia correspondiente al diámetro biacromial del participante multiplicado por 1,5) y el final de la barra a la altura de la pierna exterior (Figura 7A). Desde la posición referida el participante realizó una extensión de caderas, rodillas y tobillos y una flexión de hombros, mientras giraba el cuerpo 90° hacia la base del landmine (Figura 7B). El movimiento debía ser explosivo y coordinado, desplazando la barra hasta colocar las manos a la altura de la cabeza. Posteriormente, el participante volvía a la posición de inicio (Figura 7A). Durante todo el ejercicio el participante intentó mantener los codos lo más extendidos posible.

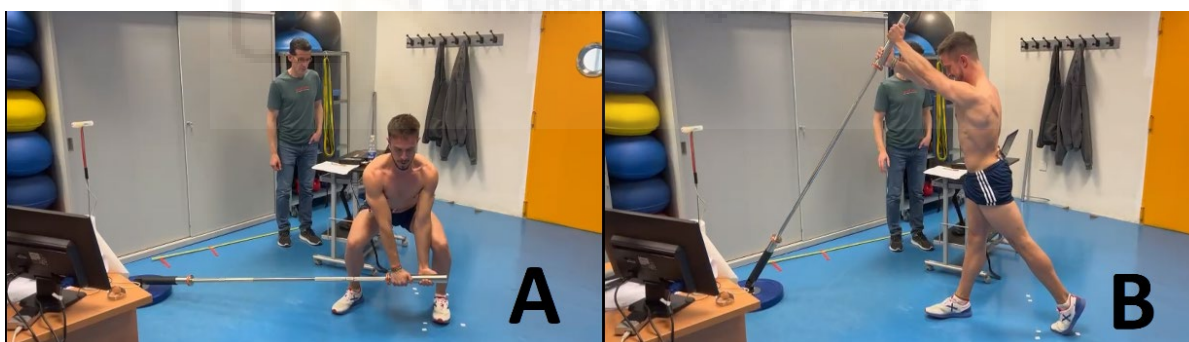


Figura 7. Imágenes del participante realizando una repetición de la Sentadilla con Giro Derecha (SG – D): A) posición inicial y final; B) posición intermedia mostrando el final del desplazamiento de la barra durante la acción de empuje.

7. Zancada con Giro y Empuje de la Barra por Izquierda y Derecha (ZG – I/D). El participante se colocó en posición de zancada (con una distancia entre la punta del pie y la rodilla de 60 cm y flexión de la pierna adelantada de 90°), con el tronco inclinado unos 45° hacia delante y agarrando la barra a media altura de la pierna con la mano contraria a la pierna adelantada y el codo extendido (Figura 8A). Desde la posición referida el participante realizó una extensión de la cadera, la rodilla y el tobillo de la pierna adelantada mientras giraba el cuerpo unos 90° hacia la base del landmine, cambiando la mano de agarre y flexionando el hombro hasta colocar la mano justo por encima de la cabeza (Figura 8B). El movimiento debía ser explosivo y coordinado, sin parones y sin pérdidas de equilibrio. Posteriormente, el participante volvía a la posición de inicio (Figura 8A).

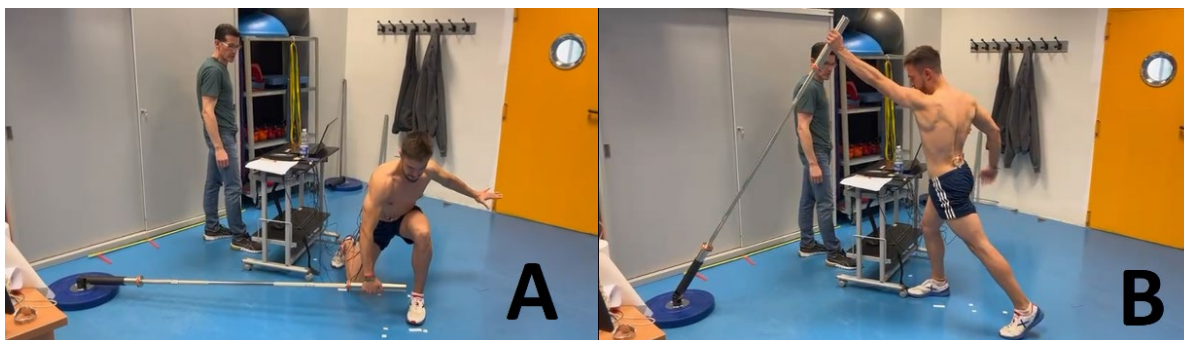


Figura 8. Imágenes del participante realizando una repetición de la Zancada con Giro y Empuje de la Barra por Derecha (ZG – D): A) posición inicial y final; B) posición intermedia mostrando el final del desplazamiento de la barra durante la acción de empuje.

Se realizaron seis repeticiones de los ejercicios DL, DLP, DLZ, DLS y ZE, tres para cada lado (alternando lado izquierdo y derecho). Por otro lado, se realizaron tres repeticiones consecutivas hacia el lado izquierdo y tres repeticiones consecutivas hacia el lado derecho para los ejercicios SG y ZG. Cada repetición de los ejercicios tuvo una duración de 2,65 s, controlando la cadencia de la ejecución con el metrónomo, programado a 45 latidos/min (dos latidos por repetición).

Los vídeos de la ejecución de los diferentes ejercicios realizados por el participante se pueden ver accediendo a través del siguiente enlace:

[EJERCICIOS LANDMINE](#)

Tratamiento de datos

Una vez realizada la toma de datos, se revisó la señal EMG y se eliminaron los posibles artefactos. Después, se utilizó el programa MegaWin 3.0® para rectificar y suavizar la señal EMG cada 0,05 s. Posteriormente, se calculó la media y el valor máximo o pico de la señal EMG rectificada y suavizada de la repetición central de cada ejercicio. Finalmente, los valores obtenidos (medias y picos) se normalizaron respecto a los valores máximos registrados en las CVM (% CVM).

Resultados

Las Tablas 1 y 2 muestran los principales resultados obtenidos en este estudio.

Los músculos GD, OE y RA obtuvieron valores de activación muy bajos durante las distintas tareas con landmine, oscilando entre el 1,5% y el 6,4% CVM para los valores medios (Tabla 1) y no superando el 23,9% CVM para los valores pico (Tabla 2). Por otro lado, el resto de músculos analizados obtuvieron valores medios de bajos a moderados (Tabla 1), alcanzando valores pico por encima del 100% CVM en los músculos EE, OI, GMy (Tabla 2).

Tabla 1. Media de la señal normalizada de los músculos recto del abdomen (RA), oblicuo interno (OI), oblicuo externo (OE), recto femoral (RF), gran dorsal (GD), erector espinal (EE), glúteo mayor (GM_y) y glúteo medio (GM_d) para los diferentes ejercicios realizados con landmine.

EJERCICIOS	GD %CVM	EE %CVM	OE %CVM	OI %CVM	RA %CVM	GM _d %CVM	GM _y %CVM	RF %CVM
DL - I	4,0	52,6	5,8	36,0	3,7	3,5	0,8	16,9
DL - D	5,4	29,8	3,8	22,7	3,3	3,1	2,6	7,0
DLP - I	4,5	48,4	4,2	29,6	3,7	8,8	5,5	9,0
DLP - D	3,4	42,4	5,6	25,5	3,7	17,4	18,7	6,0
DLZ - I	2,6	35,8	2,8	20,1	3,3	8,8	6,7	8,3
DLZ - D	2,5	29,6	3,4	13,3	3,3	9,7	11,5	4,2
DLS - I	3,6	41,9	4,5	10,5	4,6	6,2	4,2	19,9
DLS - D	6,4	32,6	2,8	12,2	4,6	6,4	6,1	19,1
ZE - I	3,1	33,3	2,2	15,8	3,3	6,8	1,7	6,2
ZE - D	2,6	38,8	3,8	21,0	4,1	10,4	12,2	7,3
SG - I	2,1	20,1	3,3	11,1	1,5	11,1	41,8	16,3
SG - D	3,2	31,8	2,2	14,9	2,7	7,0	7,4	15,5
ZG - I	3,2	17,9	3,9	33,4	1,9	15,8	29,0	12,3
ZG - D	4,0	22,7	3,0	25,5	1,9	7,7	4,8	8,4

%CVM: porcentaje de la contracción voluntaria isométrica máxima; DL: Desplazamiento Lateral de la Barra; - I: ejercicio realizado por el lado izquierdo; - D: ejercicio realizado por el lado derecho; DLP: Desplazamiento Lateral de la Barra Pivotando; DLZ: Desplazamiento Lateral de la Barra con Zancada; DLS: Desplazamiento Lateral de la Barra con Sentadilla; ZE: Zancada con Empuje de la Barra; SG: Sentadilla con Giro; ZG: Zancada con Giro.

Tabla 2. Valor pico o máximo de la señal electromiográfica normalizada de los músculos recto del abdomen (RA), oblicuo interno (OI), oblicuo externo (OE), recto femoral (RF), gran dorsal (GD), erector espinal (EE), glúteo mayor (GM_y) y glúteo medio (GM_d) para los diferentes ejercicios realizados con landmine.

EJERCICIOS	GD %CVM	EE %CVM	OE %CVM	OI %CVM	RA %CVM	GM _d %CVM	GM _y %CVM	RF %CVM
DL - I	8,6	98,2	13,2	106,6	7,1	13,7	1,6	41,7
DL - D	16,9	60,4	8,6	48,0	5,8	11,7	18,7	25,9
DLP - I	15,9	105,8	10,9	92,7	7,5	31,6	26,0	34,2
DLP - D	8,4	95,2	21,2	143,0	7,1	96,0	132,5	31,1
DLZ - I	8,5	99,7	5,4	60,2	6,2	31,8	41,7	30,3
DLZ - D	5,1	85,5	9,3	31,0	22,4	43,9	64,7	10,6
DLS - I	7,6	133,1	11,7	24,8	8,3	18,3	21,6	60,8
DLS - D	23,9	96,0	6,3	29,3	9,1	14,8	27,7	80,1
ZE - I	6,6	70,9	3,6	37,5	6,2	21,0	5,2	31,3
ZE - D	5,0	86,5	9,3	57,0	5,8	50,1	60,8	33,5
SG - I	9,6	88,6	14,5	44,1	8,7	39,8	137,0	66,7
SG - D	9,2	84,8	7,9	70,8	7,3	25,5	30,3	31,3
ZG - I	14,7	85,7	16,6	180,2	9,8	67,3	111,9	48,7
ZG - D	18,1	93,5	11,0	94,0	9,1	35,1	17,7	36,0

%CVM: porcentaje de contracción voluntaria isométrica máxima; DL: Desplazamiento Lateral de la Barra; - I: ejercicio realizado por el lado izquierdo; - D: ejercicio realizado por el lado derecho; DLP: Desplazamiento Lateral de la Barra Pivotando; DLZ: Desplazamiento Lateral de la Barra con Zancada; DLS: Desplazamiento Lateral de la Barra con Sentadilla; ZE: Zancada con Empuje de la Barra; SG: Sentadilla con Giro; ZG: Zancada con Giro.

Como observamos en la Tabla 1, el EE fue el músculo que registró los mayores niveles medios de activación en la mayoría de ejercicios, alcanzando el 52,6% CVM en el DL - I. El OI fue otro de los músculos que mostró mayores niveles de activación, alcanzando un valor medio de 36% CVM en el DL - I y siendo el músculo que alcanzó el mayor valor pico, un 180,2% CVM en la ZG - I (Tabla 2). Por otro lado, el GMy y GMd mostraron niveles de activación bajos o moderados en los diferentes ejercicios analizados, obteniendo sus mayores valores medios y pico en los ejercicios DLP - D, ZG -I, SG - I y ZE - D, especialmente en la SG - I para el GMy (media: 41,8% CVM; pico: 137,0% CVM) y en el DLP - D para el GMd (media: 17,4% CVM; pico: 96,0% CVM). En relación con el RF, los mayores niveles de activación se alcanzaron en los DLS (media: 19,1-19,9% CVM; pico: 60,8-80,1% CVM).

Haciendo una comparación entre músculos, en el caso de los ejercicios DL, DLP, DLZ y ZE, los músculos EE y OI obtuvieron los mayores niveles de activación (Tablas 1 y 2). En el DLS el EE también fue el músculo con mayor nivel de activación muscular, seguido del RF. De forma similar, el EE también obtuvo los mayores niveles de activación muscular en la SG, seguido en este caso por el GMy. Por último, a diferencia del resto de ejercicios, en la ZG fue el OI el músculo que obtuvo mayores niveles de activación, seguido del GMy.

Conclusiones y limitaciones

Para nuestro conocimiento, este es el primer estudio electromiográfico que analiza la activación de diferentes músculos del tronco y la cadera durante la realización de ejercicios ejecutados con landmine (DL, DLP, DLZ, DLS, ZE, SG y ZG). En base a los resultados obtenidos se pueden extraer las siguientes conclusiones principales:

- Los niveles medios de activación muscular necesarios para mantener la región lumbo-pélvica en posición neutra durante la ejecución de los diferentes ejercicios fueron de bajos a moderados en el EE, el OI, el GMy, el GMd y el RF y muy bajos en el GD, el RA y el OE.
- El EE obtuvo los mayores niveles de activación media y pico en la mayoría de los ejercicios, con la excepción de la ZG, tarea que activó principalmente al OI, seguido del GMy.
- Después del EE, el OI fue el músculo que registró los mayores niveles de activación en los ejercicios DL, DLP, DLZ y ZE
- Los músculos GMy, GMd y RF se activaron principalmente en aquellos ejercicios con mayor demandas tren inferior, especialmente el DLP - D, la ZG -I, la SG - I y la ZE - D para GMy y GMd y el DLS para RF.

Es imprescindible tener en cuenta las limitaciones de este estudio, ya que afectan a la interpretación de los resultados. Primeramente, indicar que éste es un estudio de caso único, lo que implica que solamente hay un sujeto al que analizar, limitando la posibilidad de generalizar los resultados. Por otro lado, hay que destacar que los ejercicios se realizaron con una cadencia acorde a un metrónomo y pese que la intención del participante fuese mantener esa velocidad de ejecución, es posible que variara por desequilibrios, fuerza excesiva o poca capacidad rítmica. En este sentido, aunque el participante realizó una sesión de familiarización, el diseño del trabajo no permite realizar un análisis de la fiabilidad de los datos, lo que debe ser tenido en cuenta a la hora de analizar los resultados. Otra de las posibles limitaciones del estudio es la variabilidad de la señal EMG, ya que a pesar de realizar un proceso de normalización, la obtención de valores superiores a los valores de calibración (> 100% CVM) en algunas tareas pone en duda los valores utilizados como referencia para normalizar la señal. Por otro lado, no se realizó un control de la intensidad de los diferentes ejercicios, sino que aunque todos se realizaron con la misma barra, la dificultad era diferente en función del ejercicio. En este sentido, considerando las diferencias en la colocación de la barra, los brazos de palancas, la posición del tronco, la colocación de

los pies, la base de sustentación, etc., unos ejercicios eran más difíciles de ejecutar que otros, lo que dificulta la comparación entre tareas.

Bibliografía

Afyon, Y. A. (2014). Effect of core training on 16-Year-Old soccer players. *Educational Research Review*, 9(23), 1275-1279. <https://doi.org/10.5897/err2014.1876>

Akuthota, V., Ferreiro, A., Moore, T., & Fredericson, M. (2008). Core stability exercise principles. *Current Sports Medicine Reports*, 7(1), 39-44. <https://doi.org/10.1097/01.csmr.0000308663.13278.69>

Andersen, V., Fimland, MS, Gunnarskog, A., Jungård, GA, Slåttland, RA, Vraalsen, Ø. F. y Saeterbakken, AH (2016). Core muscle activation in one-armed and two-armed kettlebell swing. *Journal of Strength and Conditioning Research*, 30(5), 1196–1204. <https://doi.org/10.1519/JSC.0000000000001240>

Barbado, D., Barbado, L. C., Elvira, J. L., Dieën, J. H., & Vera-Garcia, F. J. (2016). Sports-related testing protocols are required to reveal trunk stability adaptations in high-level athletes. *Gait & Posture*, 49, 90-96. <https://doi.org/10.1016/j.gaitpost.2016.06.027>

Bjerkefors, A., Ekblom, M., Josefsson, K., & Thorstensson, A. (2010). Deep and superficial abdominal muscle activation during trunk stabilization exercises with and without instruction to hollow. *Manual Therapy*, 15(5), 502-507. <https://doi.org/10.1016/j.math.2010.05.006>

Calatayud, N., Escriche-Escuder, N., Cruz-Montecinos, N., Andersen, N., Pérez-Alenda, N., Aiguadé, N., & Casaña, N. (2019). Tolerability and muscle activity of core muscle exercises in chronic low-back pain. *International Journal of Environmental Research and Public Health/International Journal of Environmental Research and Public Health*, 16(19), 3509. <https://doi.org/10.3390/ijerph16193509>

Cochrane, D. J., Harnett, M. C., & Pinfold, S. C. (2017). Does short-term gluteal activation enhance muscle performance? *Research In Sports Medicine*, 25(2), 156-165. <https://doi.org/10.1080/15438627.2017.1282358>

Collins, K. S., Klawitter, L. A., Waldera, R. W., Mahoney, S. J., & Christensen, B. K. (2021). Differences in muscle activity and kinetics between the goblet squat and landmine squat in men and women. *Journal Of Strength and Conditioning Research*, 35(10), 2661-2668. <https://doi.org/10.1519/jsc.0000000000004094>

Damián Merlo, Rodrigo, & Rodríguez Chávez, Juan Ángel. (2021). Mejora del rendimiento post-activación con banco plano o landmine en la fuerza del golpe recto. *Podium. Revista de Ciencia y Tecnología en la Cultura Física*, 16(2), 509-523. http://scielo.sld.cu/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1996-24522021000200509&lng=es&tlng=es.

Dimitrijević, V., Viduka, D., Šćepanović, T., Maksimović, N., Giustino, V., Bianco, A., & Drid, P. (2022). Effects of Schroth method and core stabilization exercises on idiopathic scoliosis: a systematic review and meta-analysis. *European Spine Journal*, 31(12), 3500-3511. <https://doi.org/10.1007/s00586-022-07407-4>

Doğanay, M., Bingül, B. M., & Álvarez-García, C. (2020). Effect of core training on speed, quickness and agility in young male football players. *Journal Of Sports Medicine and Physical Fitness/The Journal of Sports Medicine and Physical Fitness*, 60(9). <https://doi.org/10.23736/s0022-4707.20.10999-x>

Escamilla, R. F., Lewis, C., Pecson, A., Imamura, R., & Andrews, J. R. (2016). Muscle activation among supine, prone, and side position exercises with and without a swiss ball. *Sports Health*, 8(4), 372-379. <https://doi.org/10.1177/1941738116653931>

Ekstrom, R. A., Donatelli, R. A., & Carp, K. C. (2007). Electromyographic analysis of core trunk, hip, and thigh muscles during 9 rehabilitation exercises. *The Journal of Orthopedic and Sports Physical Therapy/Journal of Orthopedic and Sports Physical Therapy*, 37(12), 754-762. <https://doi.org/10.2519/jospt.2007.2471>

Fredericson, M., & Moore, T. (2005). Muscular balance, core stability, and injury prevention for middle-and long-distance runners. *Physical Medicine and Rehabilitation Clinics of North America*, 16(3), 669-689. <https://doi.org/10.1016/j.pmr.2005.03.001>

García-Vaquero, M. P., Moreside, J. M., Brontons-Gil, E., Peco-González, N., & Vera-Garcia, F. J. (2012). Trunk muscle activation during stabilization exercises with single and double leg support. *Journal of Electromyography and Kinesiology*, 22(3), 398-406. <https://doi.org/10.1016/j.jelekin.2012.02.017>

Heredia-Elvar, J. R., Juan-Recio, C., Prat-Luri, A., Barbado, D., De los Ríos-Calonge, J., & Vera-Garcia, F. J. (2023). Exercise intensity progressions and criteria to prescribe core stability exercises in young physically active men: a smartphone accelerometer-based study. *Journal of Strength and Conditioning Research*, 38(2), 266-273. <https://doi.org/10.1519/jsc.0000000000004630>

Leetun, D. T., Ireland, M. L., Willson, J. D., Ballantyne, B. T., & Davis, I. M. (2004). Core stability measures as risk factors for lower extremity injury in athletes. *Medicine and Science in Sports and Exercise*, 36(6), 926-934. <https://doi.org/10.1249/01.mss.0000128145.75199.c3>

McGill, S. M., Grenier, S., Kavcic, N., & Cholewicki, J. (2003). Coordination of muscle activity to assure stability of the lumbar spine. *Journal of Electromyography and Kinesiology*, 13(4), 353-359. [https://doi.org/10.1016/s1050-6411\(03\)00043-9](https://doi.org/10.1016/s1050-6411(03)00043-9)

Mullane, M., Turner, A. N., & Bishop, C. (2020). The Pallof Press. *Strength and Conditioning Journal*, 43(2), 121-128. <https://doi.org/10.1519/ssc.0000000000000596>

Oliva-Lozano, J. M., & Muyor, J. M. (2020). Core muscle activity during physical fitness exercises: a systematic review. *International Journal of Environmental Research and Public Health*, 17(12), 4306. <https://doi.org/10.3390/ijerph17124306>

Park, H., Jeong, T., & Lee, J. (2017). Effects of sling exercise on flexibility, balance ability, body form, and pain in patients with chronic low back pain. *Rehabilitation Nursing*, 42(6), E1-E8. <https://doi.org/10.1002/rnj.287>

Putz, R., & Pabst, R. (2006). Sobotta: *Atlas of Human Anatomy*. Panamericana http://perpus.univpancasila.ac.id/index.php?p=show_detail&id=125505

Ríos, I. D. P. (2015). Entrenamiento funcional del core: eje del entrenamiento inteligente. *Revista Facultad de Ciencias de la Salud UDES*, 1(1), 47. <https://doi.org/10.20320/rfcsudes.v2i1.247>

Thabet, A. A., & Alshehri, M. A. (2019). Efficacy of deep core stability exercise program in postpartum women with diastasis recti abdominis: a randomised controlled trial. *Journal of Musculoskeletal & Neuronal Interactions*, 19(1), 62–68.

Vera-Garcia, F. J., Barbado, D., & Moya, M. (2014). Exercícios de estabilização do tronco para indivíduos saudáveis. *Revista Brasileira de Cineantropometria & Desempenho Humano*, 16(2). <https://doi.org/10.5007/1980-0037.2014v16n2p200>

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. <https://doi.org/10.1016/j.jelekin.2009.03.010>

Vera-García, F., Barbado, D., Moreno-Pérez, V., Hernández-Sánchez, S., Juan-Recio, C., & Elvira, J. (2015). Core stability. Concepto y aportaciones al entrenamiento y la prevención de lesiones. *Revista Andaluza de Medicina del Deporte*, 8(2), 79-85. <https://doi.org/10.1016/j.ramd.2014.02.004>

Vera-Garcia, F. J., Elvira, J. L., Brown, S. H., & McGill, S. M. (2007). Effects of abdominal stabilization maneuvers on the control of spine motion and stability against sudden trunk perturbations. *Journal of Electromyography and Kinesiology*, 17(5), 556-567. <https://doi.org/10.1016/j.jelekin.2006.07.004>

Zahiri, A., Alizadeh, S., Daneshjoo, A., Pike, N., Konrad, A., & Behm, D. G. (2022). Core muscle activation with foam rolling and static planks. *Frontiers in Physiology*, 13. <https://doi.org/10.3389/fphys.2022.852094>

Zemková, E., & Zapletalová, L. (2022). The role of neuromuscular control of postural and core stability in functional movement and athlete performance. *Frontiers in Physiology*, 13. <https://doi.org/10.3389/fphys.2022.796097>

