

Activación de músculos del tronco y la cadera en ejercicios de estabilidad del core realizados con landmine

MÁSTER UNIVERSITARIO EN
RENDIMIENTO DEPORTIVO Y SALUD

Facultad de Ciencias Sociosanitarias



UNIVERSITAS
Miguel Hernández

Trabajo de Fin de Máster

Curso académico 2024 - 2025

Autor: **Marcos Richart Claramonte**

Tutor académico: **Francisco José Vera García**

ÍNDICE DE CONTENIDOS

RESUMEN.....	1
1 INTRODUCCIÓN.....	2
2 MÉTODO.....	4
2.1 Participantes	4
2.2 Procedimiento experimental	4
2.2.1 Descripción de los ejercicios	5
2.2.2 Sesión de registro electromiográfico.....	9
2.3 Tratamiento de los datos	11
2.4 Análisis estadístico.....	12
3 FINANCIACIÓN.....	12
4 BIBLIOGRAFÍA.....	12

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1. Colocación de los pies en la posición inicial estándar y en la posición inicial para ejercicios de sentadilla. En este último caso, la colocación de los pies más alejados del fulcro del landmine determinó una mayor inclinación corporal, facilitando la acción de sentadilla.	5
Figura 2. Visión de un sujeto en dos fases del ejercicio de desplazamiento lateral de la barra al hombro (DH).....	6
Figura 3. Visión de un sujeto en dos fases del ejercicio de desplazamiento lateral de la barra a la cadera (DC).	6
Figura 4. Visión de un sujeto en dos fases del ejercicio de desplazamiento lateral de la barra a rodilla (DR).....	7
Figura 5. Visión de un sujeto en dos fases del ejercicio de sentadilla con desplazamiento lateral de la barra al hombro (SDH).....	7
Figura 6. Visión de un sujeto en dos fases del ejercicio de sentadilla con desplazamiento lateral de la barra a la cadera (SDC).	8
Figura 7. Visión de un sujeto en dos fases del ejercicio de zancada con desplazamiento lateral de la barra al hombro (SDH). Para controlar la amplitud de la zancada, se colocó un bloque de hormigón pesado a modo de referencia para la pierna que se desplazaba hacia atrás.	8
Figura 8. Visión de un sujeto en dos fases del ejercicio de zancada con desplazamiento lateral de la barra a la cadera (SDC). Para controlar la amplitud de la zancada, se colocó un bloque de hormigón pesado a modo de referencia para la pierna que se desplazaba hacia atrás.	9
Figura 9. Colocación de los electrodos sobre los músculos en los dos lados del cuerpo: recto del abdomen (RA), oblicuo externo del abdomen (OE), oblicuo interno del abdomen (OI), recto femoral (RF), porción torácica del erector espinal (EEt), porción lumbar del erector espinal (EEI), glúteo medio (GMd) y glúteo mayor (GMy).	10
Figura 10. Imágenes de un participante realizando contracciones voluntarias isométricas máximas contra resistencia externa aplicada por un evaluador.....	11

RESUMEN

En el contexto del entrenamiento del core, el uso del landmine (una barra olímpica anclada por un extremo a un eje fijo) representa una alternativa novedosa y versátil para entrenar en posiciones ecológicas o funcionales, es decir, similares a las que se dan en la vida diaria, el trabajo o el deporte. Sin embargo, a pesar de que su uso se ha popularizado en los últimos años, son escasos los estudios electromiográficos que han analizado la activación muscular durante la realización de ejercicios de core con landmine. Por ello, el objetivo de este Trabajo de Fin de Máster fue analizar, mediante electromiografía de superficie, la activación de ocho músculos del tronco y la cadera (oblicuo interno, oblicuo externo y recto del abdomen, porción torácica y lumbar del erector espinal, glúteo mayor, glúteo medio y recto femoral) de manera bilateral durante la ejecución de siete ejercicios de estabilidad del core realizados con landmine.

Participaron diez adultos jóvenes físicamente activos que realizaron una sesión de familiarización y una sesión experimental. Durante esta última, se registró la señal electromiográfica bilateral de los músculos mencionados mientras los participantes ejecutaban los ejercicios de estabilidad del core movilizand la barra (15 kg) más una sobrecarga equivalente al 8% de su masa corporal. En los ejercicios los participantes debían mantener el raquis y la pelvis en posición neutra mientras realizaban desplazamientos laterales de la barra (a una cadencia controlada con un metrónomo) hacia distintas zonas corporales (hombro, cadera o rodilla) y combinados o no con acciones de pivoteo, sentadilla o zancada. La señal electromiográfica fue rectificada, suavizada y normalizada respecto a contracciones voluntarias isométricas máximas.

Los datos obtenidos ofrecen información útil para entrenadores y profesionales de la salud, facilitando la prescripción de ejercicios del core con mayor transferibilidad a contextos deportivos, laborales o clínicos, y promoviendo un entrenamiento más seguro, eficaz y adaptado a las necesidades del individuo. Además, estos resultados constituyen un punto de partida para el estudio sistemático de la activación muscular en ejercicios con landmine, y pueden servir de base para futuras investigaciones orientadas a ampliar el conocimiento sobre su aplicabilidad en el entrenamiento de la estabilidad del core.

PALABRAS CLAVE

Electromiografía, cinemática articular, entrenamiento, ejercicio funcional, control postural.

1 INTRODUCCIÓN

El concepto “core” es ampliamente empleado en el campo de la salud (Oliva-Lozano & Muyor, 2020) y el rendimiento deportivo (Doğanay et al., 2020; Saeterbakken et al., 2011, 2022; Zemková & Zapletalová, 2022). Es un concepto funcional que se utiliza para referirse conjuntamente a las estructuras musculares (músculos profundos y superficiales de la zona central del cuerpo) y a las estructuras pasivas (sistema osteoarticular) de la zona central del cuerpo, abarcando principalmente la región lumbo-dorsal, el abdomen, la pelvis y las caderas (Escamilla et al., 2010; Kibler et al., 2006; Lee & McGill, 2017b; Vera-García et al., 2015a). Estas estructuras actúan conjuntamente, coordinadas por el sistema de control motor, para mantener una adecuada estabilidad del tronco/core (Borghuis et al., 2008; Kibler et al., 2006), cualidad que ha sido definida como la capacidad para mantener o recuperar una posición o trayectoria del tronco frente a fuerzas internas o externas (Vera-García et al., 2015a).

La estabilidad del core es fundamental para facilitar la transferencia de fuerzas hacia las extremidades en actividades como correr, lanzar o golpear (Borghuis et al., 2008; Kibler et al., 2006; Nuhmani, 2022; Rivera, 2016), contribuyendo a movimientos más eficientes en los que se requiere una alta demanda postural (Doğanay et al., 2020; Hessam et al., 2023; Sofuoğlu et al., 2024; Zemková & Zapletalová, 2022). Asimismo, déficits en el control neuromuscular del core se asocian con un mayor riesgo de lesión en la columna y las extremidades inferiores (Akuthota et al., 2008; Borghuis et al., 2008; Cannon et al., 2021; Frizziero et al., 2021; McGill et al., 2003; Zazulak et al., 2007, 2008).

Por todo ello, los ejercicios de estabilidad del core están muy de moda en el ámbito del entrenamiento físico y en la medicina deportiva (Borghuis et al., 2008; Słomka et al., 2018), siendo elementos habituales de los programas de entrenamiento diseñados para la prevención y tratamiento de lesiones, principalmente de la columna lumbar (Kapetanovic et al., 2016; Salik Sengul et al., 2021) y de los miembros inferiores (Pfile et al., 2013; Saki et al., 2023; Sasaki et al., 2019; Whyte et al., 2018), así como para la mejora de la capacidad funcional y el rendimiento deportivo (Brull-Muria et al., 2021; Dello Iacono et al., 2016; Lee & McGill, 2017a; Saeterbakken et al., 2011; Sofuoğlu et al., 2024).

Los ejercicios de estabilidad del core más comúnmente utilizados son los “puentes” o “planchas”, el “bird-dog” y el “dead-bug” (Calatayud et al., 2019; Doğanay et al., 2020; García-Vaquero et al., 2012; Heredia-Elvar et al., 2021, 2024; Vera-García, Barbado, et al., 2014b; Vera-García et al., 2020). Estos ejercicios isométricos retan la capacidad de mantener una postura lumbopélvica neutra, en posiciones de decúbito prono, supino, lateral o cuadrupedia, principalmente (De Los Ríos-Calonge et al., 2024a; Heredia-Elvar et al., 2021, 2024), y no generan fuerzas compresivas elevadas en la columna vertebral (Axler & McGill, 1997; Kavcic et al., 2004; Vera-García et al., 2015b).

Aunque estos ejercicios pueden mejorar el control postural del tronco (Ge et al., 2022; Muthukrishnan et al., 2010; Szafraniec et al., 2018), se realizan en posiciones poco funcionales o ecológicas para la población general. Considerando que el entrenamiento de la estabilidad del core tiene una alta especificidad (Barbado et al., 2016; De Los Ríos-Calonge et al., 2024a), el desarrollo de esta capacidad tumbados o en cuadrupedia podría producir mejoras en el control postural en estas posiciones, pero tal vez no en posiciones más funcionales o en acciones específicas del deporte o de la vida diaria (Prat-Luri et al., en prensa). Por tanto, atendiendo al principio de especificidad, los ejercicios de estabilidad del core deberían retar esta cualidad en situaciones más ecológicas o similares a las actividades desarrolladas por las personas que realizan estos ejercicios (Barbado et al., 2016; Brull-Muria et al., 2021; De Los Ríos-Calonge et al., 2024b; Pinzón Ríos, 2015; Reed et al., 2012; Vera-García et al., 2019), por ejemplo, en acciones de empuje, tracción o levantamiento de objetos en la población general o en acciones de cambio de dirección, aceleraciones y frenazos bruscos, recepciones de saltos o choques con rivales en el rendimiento deportivo.

Se han realizado muchos estudios electromiográficos para conocer y describir la activación de los músculos del tronco y la cadera durante diferentes variantes de los ejercicios convencionales de estabilidad del core (Calatayud et al., 2017; Escamilla et al., 2016; García-Vaquero et al., 2012; Moreno-Navarro et al., 2024; Vera-García, Barbado, et al., 2014b, 2014a). Sin embargo, son pocos los estudios electromiográficos que han analizado la función de los músculos del tronco y/o la cadera en ejercicios de estabilidad del core realizados en posiciones más funcionales. Algunos ejemplos de estos ejercicios son: el “avión” o “aeroplano” (Cochrane et al., 2017), ejercicios con barras oscilantes (Moreside et al., 2007; Sánchez-Zuriaga et al., 2009), ejercicios con sistemas de cable-polea o gomas elásticas [como el “press Pallof” o el “lateral walk out” (McGill et al., 2009)], ejercicios con landmine (Collins et al., 2021), ejercicios realizados en posición de pie en superficies inestables (Calatayud et al., 2015) o ejercicios específicos integrados como parte de los programas de entrenamiento de un deporte (Brull-Muria et al., 2021).

En relación con los ejercicios realizados con landmine, este es un material versátil que consta de una barra olímpica anclada por uno de sus extremos a un punto fijo a modo de eje de rotación, mientras que el otro extremo queda libre y permite el incremento de la intensidad a través del uso de discos de diferente masa, lo que facilita la realización de movimientos en diferentes posiciones y angulaciones y a diferentes intensidades (Mendrin et al., 2016). El landmine permite entrenar la estabilidad del core en todos los planos de movimiento (frontal, sagital y transversal), con diferentes acciones (tracción, empuje, rotaciones...) y en diferentes posiciones (de pie, en tándem, sentado, de rodillas, en posición de zancada, sentadilla...), favoreciendo el desarrollo de ejercicios que, a diferencia de los ejercicios convencionales realizados en posiciones de tumbado o cuadrupedia, podrían mejorar la estabilidad del core en condiciones biomecánicas (plano, velocidad y/o rango del movimiento, postura, características de la carga movilizada, etc.) similares a las que acontecen durante actividades deportivas, laborales o de la vida diaria.

No obstante, a pesar de su creciente uso y popularidad, existe poca literatura científica donde se analice las respuestas y adaptaciones producidas por la realización de ejercicio físico con landmine (Collins et al., 2021; Mendrin et al., 2016; Merlo & Rodríguez Chávez, 2021; Oleksy et al., 2023; Omcirk et al., 2024; Weaver & Kerksick, 2017). En este sentido, sólo tenemos constancia de un estudio electromiográfico de ejercicios realizados con landmine (Collins et al., 2021) donde se analiza la activación de músculos del tren inferior en ejercicios de sentadilla. Por tanto, es necesario realizar estudios electromiográficos que analicen la activación muscular durante la ejecución de ejercicios de estabilidad del core realizados con landmine, lo cual permitiría un mayor conocimiento sobre las características de estos ejercicios que se han popularizado durante los últimos años.

Considerando la necesidad de mejorar la especificidad y funcionalidad en los programas de entrenamiento del core, el objetivo de este Trabajo de Fin de Máster fue analizar la activación de músculos del tronco y la cadera durante la ejecución de siete ejercicios de estabilidad del core realizados con landmine. En estos ejercicios los participantes debían mantener la región lumbopélvica en posición neutra durante el movimiento de la barra en diferentes trayectorias (hacia el lado derecho y hacia el lado izquierdo), tanto con el miembro inferior estático, como en acciones de pivote, sentadilla y zancada. La información obtenida en este estudio podría facilitar una mayor comprensión de las demandas biomecánicas de estos ejercicios, contribuyendo al diseño de programas de entrenamiento más efectivos y seguros en diferentes ámbitos.

2 MÉTODO

2.1 Participantes

Diez adultos jóvenes (edad: $26,8 \pm 5,7$ años; masa: $75,2 \pm 9,5$ kg; altura: $1,76 \pm 0,07$ m), sanos y físicamente activos (con una frecuencia de entrenamiento de 2-3 días por semana con una duración mínima de entre 1 y 3 horas de actividad física moderada-vigorosa por semana), fueron reclutados para este Trabajo Fin de Máster. Los criterios de exclusión fueron: (i) ser deportista de élite o persona sedentaria; (ii) tener diagnóstico o historial de dolor lumbar en los últimos 6 meses o lesiones musculoesqueléticas que contraindican la práctica de ejercicios con landmine; y (iii) tener una altura inferior a 1,65 m o superior a 1,85 m (ya que la altura es un factor antropométrico determinante en el momento de resistencia que ejerce la barra al realizar los ejercicios). Todos los participantes completaron un cuestionario para conocer su estado de salud y hábitos de ejercicio físico y se les informó sobre el proyecto, el objetivo y los riesgos de esta investigación firmando un consentimiento informado por escrito de acuerdo con la Declaración Helsinki, siendo aprobados por el Comité de ética e Integridad en la Investigación del Vicerrectorado de Investigación de la Universidad Miguel Hernández de Elche, con Código de Investigación Responsable: TFM.MRD.FJVG.MRC.241129.

2.2 Procedimiento experimental

Los participantes asistieron a una sesión de registro de la señal electromiográfica (EMG) y una sesión previa de familiarización, con un periodo mínimo de 48 horas y un máximo de 7 días entre ambas sesiones, para evitar llegar con fatiga a la sesión de medición y para minimizar la pérdida del efecto aprendizaje adquirido en la sesión de familiarización. En la sesión de familiarización se practicaron los ejercicios con landmine y las contracciones voluntarias isométricas máximas (CVM; necesarias para normalizar la señal EMG en la sesión de registro) para garantizar una adecuada ejecución técnica de los ejercicios y la consecución de valores EMG máximos durante las CVM.

Al inicio de ambas sesiones se midió la altura, masa, diámetro biacromial y envergadura de los participantes, información que fue utilizada para estandarizar la posición de los participantes en los ejercicios y para determinar la carga óptima relativa para cada uno de ellos. Para la toma de medidas antropométricas se utilizó un estadiómetro móvil (modelo Seca 217; SECA Corporation, Hamburgo, Alemania), una báscula (modelo Chwares FI2019LB-B; Guangdong Welland Technology Co., Ltd, Zhongshan, Guangdong, China), un antropómetro (modelo Calibre 60 cm; CESCORF Equipamentos, Porto Alegre, Brasil) y una cinta métrica.

Se instruyó a los participantes para que no realizaran ningún tipo de entrenamiento durante las 24 horas previas a cada sesión y que evitaran el consumo de estimulantes en las horas previas de cada sesión.

Durante la ejecución de los ejercicios con landmine (modelo Core Trainer N10178; ELKSPORT, Zaragoza, España), además de movilizar la masa (15 kg) de una barra olímpica femenina (modelo premium 201 cm; ELKSPORT, Zaragoza, España), se añadió una masa adicional correspondiente al 8% de la masa corporal de cada participante. Esta masa se determinó mediante un procedimiento de prueba realizado previamente a este estudio, con siete sujetos que representaban las características de la población objetivo. Consistió en ejecutar uno de los ejercicios con landmine (desplazamiento lateral de la barra a la cadera en bipedestación y posición erguida, ejercicio descrito posteriormente), el cual se consideró un buen ejercicio para calcular la carga óptima. Para ello, los participantes primero realizaron el ejercicio movilizand sólo la barra olímpica y, progresivamente, se fueron añadiendo discos de 1.25 kg (modelo Disco olímpico; ELKSPORT, Zaragoza, España), repitiendo el ejercicio con cada incremento. La carga óptima individual se definió como la carga inmediatamente anterior a aquella en la que el participante manifestaba una dificultad

evidente para mantener la posición neutra del complejo lumbo-pélvico durante la ejecución. El análisis de los datos obtenidos reveló un porcentaje de carga relativa media de $10,56 \pm 2,49\%$ de la masa corporal. Se consideró que el rango bajo de dichos datos, el 8% de la masa corporal, constituía una carga adecuada para este estudio, ya que suponía cierto estímulo o reto del control postural y garantizaba que la mayoría de los participantes pudieran mantener la pelvis y la región lumbar en posición neutra durante la ejecución. Para poder ajustar la carga para cada participante, además de los discos de 2,5 kg, se disponía de bloques de metal de 0,5 y 1,0 kg, los cuales se añadían mediante fijación adhesiva. Durante la sesión de familiarización, los participantes primero realizaron los ejercicios sólo con la barra (sin carga adicional) y, a continuación, con la sobrecarga correspondiente al 8% de su peso corporal. Esta progresión se realizó con el objetivo de facilitar la familiarización con la técnica y la cadencia de ejecución de cada ejercicio.

2.2.1 Descripción de los ejercicios

Los ejercicios consistieron en la movilización de la barra anclada al landmine (desplazamiento hacia el hombro, la cadera o la rodilla) sin movimiento del miembro inferior o durante acciones de pivoteo, sentadilla o zancada. En todos los casos, el objetivo primordial era mantener el raquis y la pelvis en posición neutra durante el desplazamiento de la barra, evitando el movimiento de estas estructuras en cualquier plano.

Todos los ejercicios partieron desde una posición similar, estandarizada para cada sujeto: el participante estaba de pie con apoyo bipodal, el cuerpo erguido y estable (perpendicular al suelo), ligera flexión de rodillas y agarrando la barra en su parte distal (mano dominante arriba y mano no dominante inmediatamente debajo), con codos completamente extendidos y el punto de unión entre ambas manos a la altura de la nariz. Para estandarizar esta posición, antes de iniciar la ejecución de los ejercicios, se realizaron marcas de referencia en el suelo, una marca para delimitar la distancia desde el fulcro del landmine hasta los talones del participante y otra marca para determinar la anchura a la cual debían estar separados los pies del participante (anchura biacromial).

La posición referida en el párrafo anterior fue la posición inicial estándar para todos los ejercicios, con la excepción de dos ejercicios con acción de sentadilla, en los cuales el cuerpo estaba ligeramente inclinado hacia delante debido a una colocación más alejada de los pies con respecto al fulcro del landmine, apoyando la zona del primer metatarsiano de los pies sobre la marca anteriormente delimitada que marcaba la distancia entre el fulcro del landmine y los talones del sujeto (Figura 1).



Figura 1. Colocación de los pies en la posición inicial estándar y en la posición inicial para ejercicios de sentadilla. En este último caso, la colocación de los pies más alejados del fulcro del landmine determinó una mayor inclinación corporal, facilitando la acción de sentadilla.

A continuación, se describe la ejecución de los diferentes ejercicios:

1. **Desplazamiento lateral de la barra al hombro (DH)**: El participante se colocó en posición inicial, de pie, con el cuerpo perpendicular al suelo y los pies paralelos y separados por su distancia biacromial (Figura 2). Desde la posición referida el participante desplazó la barra lateralmente hasta el hombro derecho (posición final), para volver posteriormente a la posición inicial. Las siguientes repeticiones se realizaron igual, pero alternando hombro derecho y hombro izquierdo.



Figura 2. Visión de un sujeto en dos fases del ejercicio de *desplazamiento lateral de la barra al hombro* (DH).

2. **Desplazamiento lateral de la barra a la cadera (DC)**: El participante se colocó en posición inicial, de pie, con el cuerpo perpendicular al suelo y los pies paralelos y separados por su distancia biacromial (Figura 3). Desde la posición referida el participante desplazó la barra lateralmente hasta la cadera derecha (posición final), para volver posteriormente a la posición inicial. Las siguientes repeticiones se realizaron igual, pero alternando cadera derecha y cadera izquierda.



Figura 3. Visión de un sujeto en dos fases del ejercicio de *desplazamiento lateral de la barra a la cadera* (DC).

3. Desplazamiento lateral de la barra a la rodilla (DR): El participante se colocó en posición inicial, de pie, con el cuerpo perpendicular al suelo y los pies paralelos y separados por su distancia biacromial (Figura 4). Desde la posición referida el participante desplazó lateralmente la barra hasta la rodilla derecha, pivotando 90° hacia el lado de movimiento de la barra y flexionando las rodillas y las caderas para facilitar el descenso del centro de gravedad (posición final). Tras llegar a la posición referida, el participante realizó la acción contraria para volver a la posición inicial. Las siguientes repeticiones se realizaron igual, pero alternando rodilla derecha y rodilla izquierda.

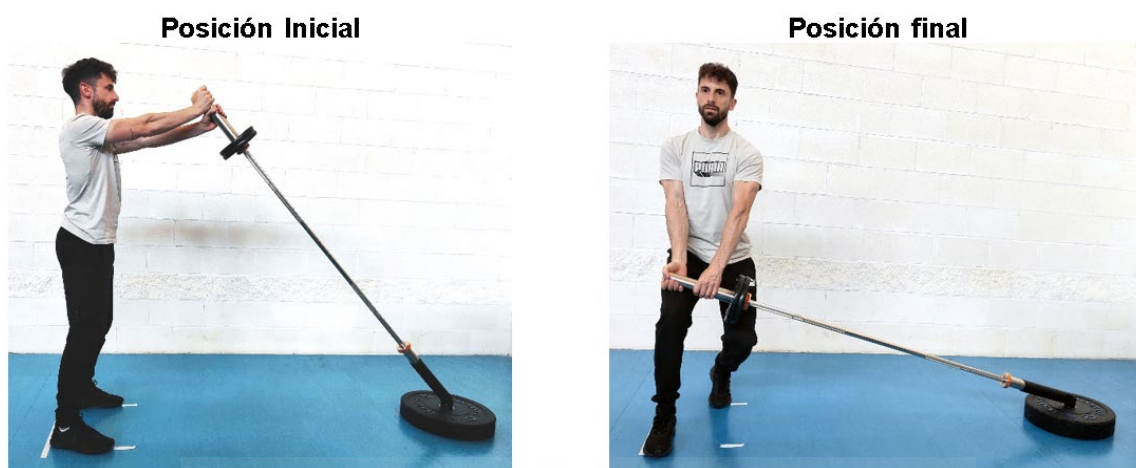


Figura 4. Visión de un sujeto en dos fases del ejercicio de *desplazamiento lateral de la barra a rodilla (DR)*.

4. Sentadilla con desplazamiento lateral de la barra al hombro (SDH): El participante se colocó en posición inicial, de pie, con ligera inclinación del cuerpo hacia delante (Figura 1) y con los pies paralelos y separados por su distancia biacromial (Figura 5). Desde la posición referida el participante realizó una sentadilla (flexión de cadera de 90°, aproximadamente), sin levantar los talones, mientras flexionaba los codos para llevar la barra al hombro derecho (posición final) y volver posteriormente a la posición inicial. Las siguientes repeticiones se realizaron igual, pero alternando hombro derecho y hombro izquierdo.



Figura 5. Visión de un sujeto en dos fases del ejercicio de *sentadilla con desplazamiento lateral de la barra al hombro (SDH)*.

5. Sentadilla con desplazamiento lateral de la barra a la cadera (SDC): El participante se colocó en posición inicial, de pie, con ligera inclinación del cuerpo hacia delante (Figura 1) y con los pies paralelos y separados por su distancia biacromial (Figura 6). Desde la posición referida el participante realizó una sentadilla (flexión de cadera de 90°, aproximadamente), sin levantar los talones, mientras desplazaba la barra hasta la cadera derecha (posición final), para volver posteriormente a la posición inicial. Las siguientes repeticiones se realizaron igual, pero alternando cadera derecha y cadera izquierda.



Figura 6. Visión de un sujeto en dos fases del ejercicio de *sentadilla con desplazamiento lateral de la barra a la cadera (SDC)*.

6. Zancada con desplazamiento lateral de la barra al hombro (ZDH): El participante se colocó en posición inicial, de pie, con el cuerpo perpendicular al suelo y los pies paralelos y separados por su distancia biacromial (Figura 7). Desde la posición referida el participante realizó una zancada hacia atrás con la pierna derecha, flexionando los codos para llevar la barra al hombro del mismo lado (posición final) y volver posteriormente a la posición inicial. Las siguientes repeticiones se realizaron igual, pero alternando hombro derecho-pierna derecha atrás y hombro izquierdo-pierna izquierda atrás.



Figura 7. Visión de un sujeto en dos fases del ejercicio de *zancada con desplazamiento lateral de la barra al hombro (SDH)*. Para controlar la amplitud de la zancada, se colocó un bloque de hormigón pesado a modo de referencia para la pierna que se desplazaba hacia atrás.

7. Zancada con desplazamiento lateral de la barra a la cadera (ZDC): El participante se colocó en posición inicial, de pie, con el cuerpo perpendicular al suelo y los pies paralelos y separados por su distancia biacromial (Figura 8). Desde la posición referida el participante realizó una zancada hacia atrás con la pierna derecha, flexionando los codos para llevar la barra a la cadera del mismo lado (posición final) y volver posteriormente a la posición inicial. Las siguientes repeticiones se realizaron igual, pero alternando cadera derecha-pierna derecha atrás y cadera izquierda-pierna izquierda atrás.



Figura 8. Visión de un sujeto en dos fases del ejercicio de *zancada con desplazamiento lateral de la barra a la cadera* (SDC). Para controlar la amplitud de la zancada, se colocó un bloque de hormigón pesado a modo de referencia para la pierna que se desplazaba hacia atrás.

La ejecución de los ejercicios presentados en las Figuras 2-8 se pueden visualizar en el siguiente [enlace](#).

2.2.2 Sesión de registro electromiográfico

Durante la sesión de registro, tras realizar las medidas antropométricas referidas anteriormente, se realizaron 6 repeticiones (3 para el lado derecho y 3 para el lado izquierdo) de cada ejercicio de los presentados en el apartado anterior, utilizando un metrónomo digital para controlar la velocidad de ejecución. Cada "beep" del metrónomo indicaba el inicio, el punto intermedio y el final de cada repetición, completándose cada ejercicio en un total de tres "beeps". Para los ejercicios DH, DC, SDH y SDC, la cadencia fue de 45 "beeps" por minuto (bpm), lo que determinó una duración aproximada de cada repetición de 2.67 s. En el caso de los ejercicios DR, ZDH y ZDC, la cadencia fue de 35 bpm, y la duración de las repeticiones aproximadamente 3.43 s.

Se implementó un diseño contrabalanceado aleatorizado para mitigar el efecto de orden y se estableció un periodo de descanso de 2 min entre cada ejercicios para evitar fatiga muscular. Tras el primer minuto de este descanso, se solicitó a cada participante que valorara su esfuerzo percibido mediante la escala OMNI-RES (Naclerio et al., 2011). Para ello, se les mostró una escala gráfica descriptiva con valores de esfuerzo del 1 al 10, pidiéndoles que indicaran de forma global su percepción del esfuerzo tras la finalización de cada ejercicio. Estos datos se registraron (tanto en la sesión de familiarización, como en la sesión de registro) como información complementaria para analizar posteriormente la posible correlación entre el esfuerzo percibido y la intensidad de la activación muscular en los ejercicios.

Durante la ejecución de los ejercicios con landmine se registró bilateralmente (frecuencia de muestreo: 2000 Hz) la electromiografía de superficie de los músculos (Figura 9): oblicuo interno del abdomen (OI), oblicuo externo del abdomen (OE), recto del abdomen (RA), porción lumbar del erector espinal (EEI), porción torácica del erector espinal (EEt), glúteo mayor (GMy), glúteo medio (GMd) y recto femoral del cuádriceps (RF). Para ello se utilizó un sistema EMG inalámbrico con unidades de medición inercial integradas (Ultium EMG, Noraxon, EE. UU), que permite la adquisición simultánea de hasta 16 canales, con conversión A/D de 24 bits, resolución dinámica y una tasa de rechazo en modo común superior a 100 dB.

Simultáneamente a la adquisición de datos EMG, se grabó en video la ejecución de cada participante con una cámara SONY® HDR-CX405. Se utilizó el software myoRESEARCH® (Noraxon USA Inc.) para la captación, sincronización y posterior análisis de las señales EMG y de las señales de vídeo. La sincronización de ambos tipos de señales permite el análisis de la señal EMG en diferentes fases de la ejecución de los ejercicios.

Para la captación de la señal EMG se emplearon electrodos de superficie desechables de plata-cloruro de plata (Ag-AgCl) (Arbo Infant Electrodes, Tyco Healthcare, Alemania), en configuración bipolar y con una separación interelectrodo de 2,5 cm (Figura 9). Los electrodos se colocaron sobre el vientre muscular, alineados longitudinalmente con las fibras musculares de los músculos analizados. Se empleó esparadrapo para optimizar la fijación de los electrodos y evitar que se desprendieran durante el desarrollo de los ejercicios. Antes de colocar los electrodos, se realizaron marcas sobre la piel con un lápiz dérmico para facilitar la determinación de la zona de detección de la señal en cada músculo. Posteriormente, se eliminó el vello con una maquinilla de afeitar y se limpió la piel con algodón y una solución con alcohol.

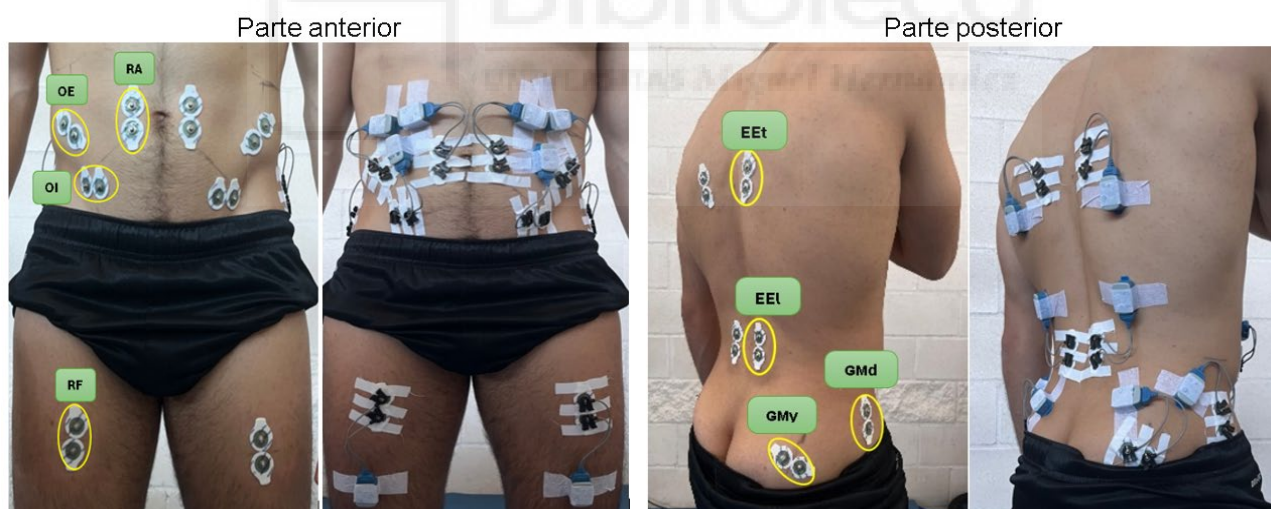


Figura 9. Colocación de los electrodos sobre los músculos en los dos lados del cuerpo: recto del abdomen (RA), oblicuo externo del abdomen (OE), oblicuo interno del abdomen (OI), recto femoral (RF), porción torácica del erector espinal (EEt), porción lumbar del erector espinal (EEI), glúteo medio (GMd) y glúteo mayor (GMy).

Para la colocación de los electrodos sobre los músculos del tronco se siguieron las recomendaciones de estudios del Grupo de Investigación en Biomecánica para la Salud y el Rendimiento Deportivo de la UMH (García-Vaquero et al., 2012; Juan-Recio et al., 2022; Moreno-Navarro et al., 2024; Vera-Garcia et al., 2014a; Vera-Garcia et al., 2014b): RA, a 3 cm hacia el lateral del ombligo; OI, en el centro geométrico del triángulo formado por el ligamento inguinal, la línea semilunar y la línea imaginaria entre la espina ilíaca anterosuperior y el ombligo; OE, en la intersección de la línea imaginaria que une la espina ilíaca anterosuperior y el ángulo costal con la

línea imaginaria que corre transversalmente a la columna desde el centro del ombligo; EEI, a 3 cm lateral a la apófisis espinosa de L3; y EEt, a 5 cm lateral a la apófisis espinosa de T9. Para la colocación de los electrodos sobre los músculos de la cadera se siguieron las indicaciones del proyecto SENIAM (Hermens et al., 2000): GMy, a mitad de distancia entre el sacro y el trocánter mayor del fémur; GMd, a mitad de distancia entre la cresta ilíaca y el trocánter mayor del fémur; y RF, a mitad de distancia entre espina iliaca anterosuperior y borde superior de la rótula).

Antes del registro de la señal EMG, se realizaron CVM contra resistencia externa aplicada por un evaluador (Figura 10) para poder determinar la máxima amplitud de la señal electromiográfica de cada músculo a analizar (Vera-Garcia et al., 2010). Dada la dificultad de realizar todas las CVM con todos los electrodos colocados simultáneamente, se optó por una colocación secuencial. Primero, se colocaron los electrodos en la parte posterior del cuerpo y se realizaron las CVM para los músculos de esta zona: EEt y EEI, acciones isométricas máximas de extensión de tronco; GMy, acciones isométricas máximas de extensión de cadera; y GMd, acciones isométricas máximas de abducción de cadera. Posteriormente, se colocaron los electrodos en la parte anterior del cuerpo y se realizaron las CVM para los músculos: RF, acciones isométricas máximas de extensión de rodilla; OI y OE, acciones isométricas máximas de rotación y de inclinación de tronco hacia ambos lados; y RA, acciones isométricas máximas de flexión de tronco. Se realizaron dos repeticiones de cada CVM para cada músculo, con una duración de entre 3 y 4 s por repetición. Se estableció un periodo de descanso de 30 s entre repeticiones y de 3 min entre series para evitar la fatiga.



Figura 10. Imágenes de un participante realizando *contracciones voluntarias isométricas máximas* contra resistencia externa aplicada por un evaluador.

2.3 Tratamiento de los datos

Para el tratamiento de los datos se utilizó el software myoRESEARCH® (Noraxon USA Inc.). Todas las señales de EMG sin procesar registradas (16 músculos x 7 ejercicios), se filtraron digitalmente mediante un filtro Butterworth de paso bajo de cuarto orden (frecuencia de corte de 10-450 Hz) para reducir el ruido, ya sea proveniente de otras fuentes eléctricas del cuerpo humano, de fuentes externas o del propio proceso de medición. En segundo lugar, se aplicó una rectificación de onda completa y un filtrado de paso bajo a 8 Hz mediante un filtro Butterworth de segundo orden con offset cero. Para cada músculo, se utilizó una señal EMG de media móvil (constante de tiempo de 500 ms) para identificar la señal EMG máxima en cada repetición de cada ejercicio. Posteriormente,

se localizó el valor pico de la señal EMG en cada una de las seis repeticiones de cada ejercicio (se desecharon los valores inferiores a 20 mV) y se calculó la media de los picos no extremos (es decir, se descartó el pico más alto y el pico más bajo). Finalmente, se normalizó la media de los picos de la señal EMG de cada ejercicio respecto a los valores máximos de calibración obtenidos durante las CVM.

2.4 **Análisis estadístico**

Inicialmente se calcularon estadísticas descriptivas (media y desviación estándar) para todas las variables. La normalidad de los datos se examinó mediante el estadístico de Shapiro-Wilk ($p > 0,05$). Posteriormente se realizó un ANOVA de medidas repetidas de dos vías, considerando los músculos (EEt, EEI, GMd, GMy, RA, OE, OI, y RF) y las variantes de los ejercicios (DH, DC, DR, SDH, SDC, ZDH y ZDC) como factores intrasujetos para comparar la activación de los diferentes músculos en cada ejercicio y las diferencias en la activación muscular entre los distintos ejercicios. En los casos en los que el ANOVA de medidas repetidas mostró diferencias significativas, se realizaron comparaciones post hoc con corrección de Bonferroni para identificar el origen de las mismas. Se calculó el eta cuadrado parcial (η^2_p) como medida del tamaño del efecto y se utilizó la interpretación de la siguiente escala de umbrales para analizar las magnitudes del tamaño del efecto (Vera-Garcia et al., 2014c): $\geq 0,64$ fuerte; $0,25-0,64$ moderado; y $\leq 0,04$ pequeño. La significación estadística se estableció en $p < 0,05$ y el análisis de los datos se llevó a cabo utilizando el software estadístico JASP (versión 0.19.1 Computer Software; University of Amsterdam, Países Bajos).

3 **FINANCIACIÓN**

Este Trabajo Fin de Máster es parte del proyecto de I+D+i PID2022-140323OB-100, financiado por MICIU/AEI/10.13039/501100011033 y por FEDER, UE.



4 **BIBLIOGRAFÍA**

- Axler, C. T., & McGill, S. M. (1997). Low back loads over a variety of abdominal exercises: searching for the safest abdominal challenge. *Medicine and science in sports and exercise*, 29(6), 804–811. <https://doi.org/10.1097/00005768-199706000-00011>
- Barbado, D., Barbado, L. C., Elvira, J. L. L., Dieën, J. H. V., & 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>
- Borghuis, J., Hof, A. L., & Lemmink, K. A. (2008). The importance of sensory-motor control in providing core stability: implications for measurement and training. *Sports medicine (Auckland, N.Z.)*, 38(11), 893–916. <https://doi.org/10.2165/00007256-200838110-00002>
- Brull-Muria, E., Beltran-Garrido, J. V., Sousa, C. V., Da, S., & Aguiar, S. (2021). Effects of a Specific Core Stability Program on the Sprint and Change-of-Direction Maneuverability Performance in Youth, Male

- Soccer Players. *International Journal of Environmental Research and Public Health*, 18(19), 10116. <https://doi.org/10.3390/IJERPH181910116>
- Calatayud, J., Borreani, S., Martin, J., Martin, F., Flandez, J., & Colado, J. C. (2015). Core muscle activity in a series of balance exercises with different stability conditions. *Gait & Posture*, 42(2), 186–192. <https://doi.org/10.1016/J.GAITPOST.2015.05.008>
- Calatayud, J., Casaña, J., Martín, F., Jakobsen, M. D., Colado, J. C., & Andersen, L. L. (2017). Progression of Core Stability Exercises Based on the Extent of Muscle Activity. *American Journal of Physical Medicine & Rehabilitation*, 96(10), 694–699. <https://doi.org/10.1097/PHM.0000000000000713>
- Calatayud, J., Escriche-Escuder, A., Cruz-Montecinos, C., Andersen, L. L., Pérez-Alenda, S., Aiguadé, R., & Casaña, J. (2019). Tolerability and Muscle Activity of Core Muscle Exercises in Chronic Low-back Pain. *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>
- Dello Iacono, A., Padulo, J., & Ayalon, M. (2016). Core stability training on lower limb balance strength. *Journal of Sports Sciences*, 34(7), 671–678. <https://doi.org/10.1080/02640414.2015.1068437>
- De Los Ríos-Calonge, J., Barbado, D., Prat-Luri, A., Juan-Recio, C., Heredia-Elvar, J. R., Elvira, J. L. L., & Vera-Garcia, F. J. (2024). Are trunk stability and endurance determinant factors for whole-body dynamic balance in physically active young males? A multidimensional analysis. *Scandinavian journal of medicine & science in sports*, 34(3), e14588. <https://doi.org/10.1111/sms.14588>
- Doğanay, M., Bingül, B. M., & Álvarez-García, C. (2020). Effect of core training on speed, quickness and agility in young male football players. *The Journal of sports medicine and physical fitness*, 60(9), 1240–1246. <https://doi.org/10.23736/S0022-4707.20.10999-X>
- Escamilla, R. F., Lewis, C., Bell, D., Bramblett, G., Daffron, J., Lambert, S., Pecson, A., Imamura, R., Paulos, L., & Andrews, J. R. (2010). Core muscle activation during Swiss ball and traditional abdominal exercises. *The Journal of orthopaedic and sports physical therapy*, 40(5), 265–276. <https://doi.org/10.2519/jospt.2010.3073>
- 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>
- 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 : official journal of the International Society of Electrophysiological Kinesiology*, 22(3), 398–406. <https://doi.org/10.1016/j.jelekin.2012.02.017>
- Ge, L., Huang, H., Yu, Q., Li, Y., Li, X., Li, Z., Chen, X., Li, L., & Wang, C. (2022). Effects of core stability training on older women with low back pain: a randomized controlled trial. *European review of aging and physical activity : official journal of the European Group for Research into Elderly and Physical Activity*, 19(1), 10. <https://doi.org/10.1186/s11556-022-00289-x>

- Heredia-Elvar, J. R., Juan-Recio, C., Prat-Luri, A., Barbado, D., de Los Ríos-Calonge, J., & Vera-Garcia, F. J. (2024). 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>
- Heredia-Elvar, J. R., Juan-Recio, C., Prat-Luri, A., Barbado, D., & Vera-Garcia, F. J. (2021). Observational Screening Guidelines and Smartphone Accelerometer Thresholds to Establish the Intensity of Some of the Most Popular Core Stability Exercises. *Frontiers in physiology*, 12, 751569. <https://doi.org/10.3389/fphys.2021.751569>
- Hermens, H. J., Freriks, B., Disselhorst-Klug, C., & Rau, G. (2000). Development of recommendations for SEMG sensors and sensor placement procedures. *Journal of Electromyography and Kinesiology*, 10(5), 361–374. [https://doi.org/10.1016/S1050-6411\(00\)00027-4](https://doi.org/10.1016/S1050-6411(00)00027-4)
- Juan-Recio, C., Prat-Luri, A., Galindo, A., Manresa-Rocamora, A., Barbado, D., & Vera-Garcia, F. J. (2022). Is the Side Bridge Test Valid and Reliable for Assessing Trunk Lateral Flexor Endurance in Recreational Female Athletes?. *Biology*, 11(7), 1043. <https://doi.org/10.3390/biology11071043>
- Kapetanovic, A., Jerkovic, S., & Avdic, D. (2016). Effect of core stabilization exercises on functional disability in patients with chronic low back pain. *Journal of Health Sciences*, 6(1), 59–66. <https://doi.org/10.17532/JHSCI.2016.346>
- Kavcic, N., Grenier, S., & McGill, S. M. (2004). Quantifying tissue loads and spine stability while performing commonly prescribed low back stabilization exercises. *Spine*, 29(20), 2319–2329. <https://doi.org/10.1097/01.BRS.0000142222.62203.67>
- Kibler, W. B., Press, J., & Sciascia, A. (2006). The role of core stability in athletic function. *Sports medicine (Auckland, N.Z.)*, 36(3), 189–198. <https://doi.org/10.2165/00007256-200636030-00001>
- Lee, B., & McGill, S. (2017a). The effect of core training on distal limb performance during ballistic strike manoeuvres. *Journal of Sports Sciences*, 35(18), 1768–1780. <https://doi.org/10.1080/02640414.2016.1236207>
- Lee, B., & McGill, S. (2017b). The effect of short-term isometric training on core/torso stiffness. *Journal of Sports Sciences*, 35(17), 1724–1733. <https://doi.org/10.1080/02640414.2016.1235791>
- McGill, S. M., Karpowicz, A., Fenwick, C. M., & Brown, S. H. (2009). Exercises for the torso performed in a standing posture: spine and hip motion and motor patterns and spine load. *Journal of strength and conditioning research*, 23(2), 455–464. <https://doi.org/10.1519/JSC.0b013e3181a0227e>
- Mendrin, N., Lynn, S. K., Griffith-Merritt, H. K., & Noffal, G. J. (2016). Progressions of Isometric Core Training. *Strength and Conditioning Journal*, 38(4), 50–65. <https://doi.org/10.1519/SSC.0000000000000233>
- Merlo, R. D., & Rodríguez Chávez, J. Á. (2021). Mejora del rendimiento post-activación con banco plano o landmine en la fuerza del golpe recto/Post-activation performance enhancement with bench press or landmine on straight punch strength. *PODIUM: Revista de Ciencia y Tecnología En La Cultura Física*, 16(2), 509–523. <https://dialnet.unirioja.es/servlet/articulo?codigo=7987463&info=resumen&idioma=SPA>
- Moreno-Navarro, P., Sabido, R., Barbado, D., Prat-Luri, A., & Vera-Garcia, F. J. (2024). Trunk muscle activation in prone plank exercises with different body tilts. *Journal of Back and Musculoskeletal Rehabilitation*, 37(3), 743–750. <https://doi.org/10.3233/BMR-230209>
- Moreside, J. M., Vera-Garcia, F. J., & McGill, S. M. (2007). Trunk Muscle Activation Patterns, Lumbar Compressive Forces, and Spine Stability When Using the Bodyblade. *Physical Therapy*, 87(2), 153–163. <https://doi.org/10.2522/PTJ.20060019>

- Mullane, M., Turner, A. N., & Bishop, C. (2021). The Pallof Press. *Strength and Conditioning Journal*, 43(2), 121–128. <https://doi.org/10.1519/SSC.0000000000000596>
- Muthukrishnan, R., Shenoy, S. D., Jaspal, S. S., Nellikunja, S., & Fernandes, S. (2010). The differential effects of core stabilization exercise regime and conventional physiotherapy regime on postural control parameters during perturbation in patients with movement and control impairment chronic low back pain. *Sports medicine, arthroscopy, rehabilitation, therapy & technology*, 2, 13. <https://doi.org/10.1186/1758-2555-2-13>
- Naclerio, F., Rodríguez-Romo, G., Barriopedro-Moro, M. I., Jiménez, A., Alvar, B. A., & Triplett, N. T. (2011). Control of resistance training intensity by the omni perceived exertion scale. *Journal of Strength and Conditioning Research*, 25(7), 1879–1888. <https://doi.org/10.1519/JSC.0B013E3181E501E9>
- Oleksy, Ł., Kuchciak, M., Bril, G., Mika, A., Przydział, M., Pazdan-Śliż, I., Kielnar, R., Rachenik, H., Adamska, O., & Deszczyński, M. (2023). Intra-Rater and Test-Retest Reliability of Barbell Force, Velocity, and Power during the Landmine Punch Throw Test Assessed by the GymAware Linear Transducer System. *Applied Sciences*, 13(19), 10875. <https://doi.org/10.3390/AP131910875>
- 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>
- Omcirk, D., Vetrovsky, T., O'Dea, C., Ruddock, A., Wilson, D., Maleček, J., Padecky, J., Janikov, M. T., & Tufano, J. J. (2024). Reliability of Three Landmine-Punch-Throw Variations and Their Load-Velocity Relationships Performed With the Dominant and Nondominant Hands. *International Journal of Sports Physiology and Performance*, 19(8), 765–772. <https://doi.org/10.1123/IJSP.2023-0235>
- Pfister, K. R., Hart, J. M., Herman, D. C., Hertel, J., Kerrigan, D. C., & Ingersoll, C. D. (2013). Different exercise training interventions and drop-landing biomechanics in high school female athletes. *Journal of Athletic Training*, 48(4), 450–462. <https://doi.org/10.4085/1062-6050-48.4.06>
- Pinzón Ríos, I. D. (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>
- Prat-Luri, A., Vera-Garcia, F. J., Moreno-Navarro, P., Juan-Recio, C., De los Rios-Calonge, J., Heredia-Elvar, J. R. & Elvira, J. L. L. (en prensa). Short-term bridging and bird-dog exercise programs did not enhance trunk performance and whole-body dynamic balance in young physically active males: a double-blind randomized trial. *Plos One*.
- Reed, C. A., Ford, K. R., Myer, G. D., & Hewett, T. E. (2012). The effects of isolated and integrated 'core stability' training on athletic performance measures: a systematic review. *Sports medicine (Auckland, N.Z.)*, 42(8), 697–706. <https://doi.org/10.2165/11633450-000000000-00000>
- Saeterbakken, A. H., Stien, N., Andersen, V., Scott, S., Cumming, K. T., Behm, D. G., Granacher, U., & Prieske, O. (2022). The Effects of Trunk Muscle Training on Physical Fitness and Sport-Specific Performance in Young and Adult Athletes: A Systematic Review and Meta-Analysis. *Sports Medicine (Auckland, N.Z.)*, 52(7), 1599–1622. <https://doi.org/10.1007/S40279-021-01637-0>
- Saeterbakken, A. H., van den Tillaar, R., & Seiler, S. (2011). Effect of core stability training on throwing velocity in female handball players. *Journal of strength and conditioning research*, 25(3), 712–718. <https://doi.org/10.1519/JSC.0b013e3181cc227e>
- Saki, F., Shafiee, H., Tahayori, B., & Ramezani, F. (2023). The effects of core stabilization exercises on the neuromuscular function of athletes with ACL reconstruction. *Scientific reports*, 13(1), 2202. <https://doi.org/10.1038/s41598-023-29126-6>

- Salik Sengul, Y., Yilmaz, A., Kirmizi, M., Kahraman, T., & Kalemci, O. (2021). Effects of stabilization exercises on disability, pain, and core stability in patients with non-specific low back pain: A randomized controlled trial. *Work (Reading, Mass.)*, 70(1), 99–107. <https://doi.org/10.3233/WOR-213557>
- Sánchez-Zuriaga, D., Vera-Garcia, F. J., Moreside, J. M., & McGill, S. M. (2009). Trunk muscle activation patterns and spine kinematics when using an oscillating blade: influence of different postures and blade orientations. *Archives of physical medicine and rehabilitation*, 90(6), 1055–1060. <https://doi.org/10.1016/j.apmr.2008.12.015>
- Sasaki, S., Tsuda, E., Yamamoto, Y., Maeda, S., Kimura, Y., Fujita, Y., & Ishibashi, Y. (2019). Core-Muscle Training and Neuromuscular Control of the Lower Limb and Trunk. *Journal of athletic training*, 54(9), 959–969. <https://doi.org/10.4085/1062-6050-113-17>
- Słomka, K. J., Pawłowski, M., Michalska, J., Kamieniarz, A., Brachman, A., & Juras, G. (2018). Effects of 8-Week Complex Balance Training in Young Alpine Skiers: A Pilot Study. *BioMed research international*, 2018(1), 6804534. <https://doi.org/10.1155/2018/6804534>
- Sofuoğlu, C., Güçhan Topçu, Z., & Bayrakçı Tunay, V. (2024). The effect of core stability training on ball-kicking velocity, sprint speed, and agility in adolescent male football players. *PloS one*, 19(6), e0305245. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0305245>
- Szafraniec, R., Barańska, J., & Kuczyński, M. (2018). Acute effects of core stability exercises on balance control. *Acta of Bioengineering and Biomechanics*, 20(3), 145–151. <https://doi.org/10.5277/ABB-01178-2018-02>
- Vera-García, F. J., Barbado, D., Moreno-Pérez, V., Hernández-Sánchez, S., Juan-Recio, C., & Elvira, J. L. L. (2015a). «Core stability». Concept and contributions to training and injury prevention. In *Revista Andaluza de Medicina del Deporte*, 8(2), 79–85. <https://doi.org/10.1016/j.ramd.2014.02.004>
- Vera-Garcia, F.J.; Barbado, D.; Flores-Parodi, B.; Alonso-Roque, J.I. y Elvira, J.L.L. (2013) Trunk muscle activation in spine stabilization exercises. *Revista Internacional de Medicina y Ciencias de la Actividad Física y el Deporte* vol. 13(52) 673-685. <http://cdeporte.rediris.es/revista/revista52/artactivacion422.htm>
- Vera-Garcia, F. J., Barbado, D., & Moya, M. (2014a). Trunk stabilization exercises for healthy individuals. *Revista Brasileira de Cineantropometria e Desempenho Humano*, 16(2), 200–211. <https://doi.org/10.5007/1980-0037.2014V16N2P200>
- Vera-Garcia, F. J., Irlés-Vidal, B., Prat-Luri, A., García-Vaquero, M. P., Barbado, D., & Juan-Recio, C. (2020). Progressions of core stabilization exercises based on postural control challenge assessment. *European Journal of Applied Physiology*, 120(3), 567–577. <https://doi.org/10.1007/S00421-020-04313-9/TABLES/4>
- Vera-Garcia, F. J., López-Plaza, D., Juan-Recio, C., & Barbado, D. (2019). Tests to measure core stability in laboratory and field settings: Reliability and correlation analyses. *Journal of Applied Biomechanics*, 35(3), 223–231. <https://doi.org/10.1123/jab.2018-0407>
- 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: Official Journal of the International Society of Electrophysiological Kinesiology*, 20(1), 10–16. <https://doi.org/10.1016/J.JELEKIN.2009.03.010>
- Vera-Garcia, F. J., Ruiz-Pérez, I., Barbado, D., Juan-Recio, C., McGill, S. M., & José Vera-García, F. (2014b). Trunk and shoulder emg and lumbar kinematics of medicine-ball side throw and side catch

and throw. *European Journal of Human Movement*, 33, 93–109.
<https://dialnet.unirioja.es/servlet/articulo?codigo=5100266&info=resumen&idioma=ENG>

Weaver, A. N., & Kerksick, C. M. (2017). Implementing Landmine Single-Leg Romanian Deadlift into an Athlete's Training Program. *Strength and Conditioning Journal*, 39(1), 85–90.
<https://doi.org/10.1519/SSC.0000000000000279>

Whyte, E. F., Richter, C., O'Connor, S., & Moran, K. A. (2018). Effects of a dynamic core stability program on the biomechanics of cutting maneuvers: A randomized controlled trial. *Scandinavian Journal of Medicine & Science in Sports*, 28(2), 452–462. <https://doi.org/10.1111/SMS.12931>

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, 796097.
<https://doi.org/10.3389/fphys.2022.796097>

