



Centro de  
Investigación del  
Deporte  

---

UNIVERSITAS Miguel Hernández

# **EFFECTO DE LA EDAD SOBRE EL CONTROL LUMBOPÉLVICO EN EJERCICIOS DE ESTABILIDAD DEL TRONCO**

Trabajo Final de Máster

Autora: Carmen Pérez Muñoz

Universidad Miguel Hernández

Máster en Rendimiento Deportivo y Salud

Tutora: Amaya Prat Luri

Elche, Alicante, España

Curso académico 2023/2024

## Resumen

El entrenamiento de la musculatura del *core* ha mostrado un impacto positivo sobre el rendimiento deportivo en jóvenes y adultos, así como en la reducción de aspectos como el dolor lumbar. Aunque la cuantificación de la intensidad en los ejercicios de *core* generalmente se basa en criterios subjetivos más que en parámetros objetivos, actualmente hay literatura del uso de acelerometría integrada en *Smartphone* como indicador de intensidad de estos ejercicios en jóvenes físicamente activos y personas con esclerosis múltiple. No obstante, no se tiene constancia de literatura que haya analizado la intensidad de estos ejercicios conforme avanza la edad en las personas, lo cual puede variar debido al efecto del envejecimiento. El objetivo del presente Trabajo Final de Máster residió en analizar y evaluar el grado de reto lumbopélvico (i.e. intensidad) en siete variantes del puente frontal y dorsal según la edad y el sexo, usando un acelerómetro de un *Smartphone*. Fueron cincuenta y cuatro participantes físicamente activos que debían cumplir una serie de criterios para realizar de manera correcta la técnica de los puentes, entre ellos mantener la columna y la pelvis en posición neutral, resistir el tremor abdominal sin perder el control de la posición y evitar rotaciones o actitudes cifóticas que pudieran afectar a la alineación corporal. Tras el tratamiento de los datos, se concluye que existen diferencias significativas en el sexo en varios tipos de puente (puente frontal corto, puente frontal sobre bosu con apoyo de ambas piernas, puente frontal sobre bosu con elevación de una pierna, puente dorsal convencional y puente dorsal sobre bosu con apoyo de ambas piernas). Por otro lado, los puentes frontales en general muestran niveles de aceleración más notables tanto en jóvenes como adultos, especialmente aquellos realizados sobre superficies inestables (puente frontal sobre bosu con elevación de una pierna y puente frontal sobre fitball con elevación de una pierna).

Palabras clave: estabilidad del tronco; ejercicios de *core stability*; acelerometría; dispositivo inercial

## Introducción

Desde el punto de vista anatómico, la musculatura central del *core* está formada por un conjunto de músculos situados en la parte central de nuestro cuerpo, la región lumbo-pélvica, que incluye los músculos del suelo pélvico y la cadera, la región abdominal, la musculatura profunda de la columna, glúteos y el diafragma (McGill, 2010; Vidal-Oltra, 2015). Estas estructuras participan conjuntamente en la transferencia de fuerzas de unas extremidades a otras, concretamente desde los miembros superiores a los miembros inferiores, facilitando el movimiento y el control postural de nuestro cuerpo (Vidal-Oltra, 2015). Es por ello que los músculos del *core* se consideran una parte importante en la transferencia de fuerzas, gracias a su capacidad estabilizadora de la pelvis y protectora de la columna vertebral, las cuales nos permiten el desempeño en actividades cotidianas (Vidal-Oltra, 2015).

Diversos estudios han observado que un control deficiente del *core*, o debilidad en esta zona, es un factor de riesgo para el desarrollo de aspectos como el dolor lumbar crónico y las lesiones en los miembros inferiores por el aumento de caídas (Cholewicki et al., 2002; Zazulak et al., 2007; Leetun et al., 2004). Los programas de ejercicios centrados en el *core* se enfocan principalmente en la estabilidad, y han evidenciado una reducción del dolor y la discapacidad junto con una mejora de la calidad de vida y la aptitud física del tronco en población con dolor lumbar crónico (Prat-Luri et al., 2023). Por otro lado, el entrenamiento de esta musculatura también ha mostrado ser efectivo para mejorar el rendimiento deportivo en población joven y adulta deportiva (Saeterbakken et al., 2022).

Los ejercicios de *core* más utilizados son los puentes o planchas isométricas, las cuales desafían el control postural del tronco y mejoran la estabilidad raquídea (Vera-García et al., 2020; Vidal Oltra, 2015). Estos ejercicios se realizan comúnmente en el suelo e implican mantener la columna en posición neutral, es decir, conservando las curvaturas fisiológicas naturales, incluso cuando se enfrenta a cargas internas o externas que ponen a prueba su estabilidad (Vera-García et al., 2013; Vera-García et al., 2014; Vera-García et al., 2020). Este

tipo de ejercicio ha demostrado ser eficaz y seguro en diversos estudios, pues activa la musculatura con un nivel de intensidad adecuado para generar adaptaciones neuromusculares y no somete a las estructuras vertebrales a cargas elevadas (Vera-García et al., 2013; Vidal Oltra, 2015; Vera-García et al., 2014).

Por otro lado, la intensidad de los ejercicios de *core* se manipula habitualmente modificando los puentes mediante cambios en diversas variables mecánicas, como son la postura del participante, un menor número de apoyos, el uso de superficies inestables, etc. (Barbado et al., 2018; Heradia-Elvar et al., 2021; Vera-García et al., 2020; Vera-García et al., 2013). La cuantificación de la intensidad de la carga es fundamental para analizar las relaciones dosis-respuesta entre el entrenamiento y las adaptaciones del *core* ya que la falta de control en la intensidad es una de las principales limitaciones en estudios relacionados (Barbado et al., 2018; Heradia-Elvar et al., 2021). En este sentido, la cuantificación de la intensidad en los ejercicios de *core* suele depender de las percepciones personales del entrenador, instructor e investigador más que de parámetros objetivos (Vera-García et al., 2020; Barbado et al., 2018). No obstante, actualmente los acelerómetros de los teléfonos móviles han demostrado su fiabilidad mediante datos objetivos sobre la cuantificación del grado del reto lumbopélvico (i.e., intensidad) durante los ejercicios de *core* más habituales (Prat-Luri et al., 2023; Barbado et al., 2018).

Si bien ya se han publicado valores de acelerometría durante estos ejercicios en jóvenes físicamente activos y personas con esclerosis múltiple (Barbado et al., 2018; Heradia-Elvar et al., 2021; Prat-Luri et al., 2023), sin embargo, no se tiene constancia de ningún estudio que haya analizado los niveles de aceleración lumbopélvica durante los ejercicios de estabilidad de *core* conforme avanza la edad en las personas. En este sentido, el envejecimiento produce déficits en la propiocepción, visión, sentido vestibular, función muscular y tiempo de reacción, que son esenciales en el control postural (Sánchez-Videa & Martínez-Carrasco, 2021; Carbonell-Baeza et al., 2009), por lo que los valores de aceleración en estos ejercicios podrían cambiar según la edad.

El objetivo de este Trabajo Final de Máster fue analizar el control lumbopélvico (i.e. intensidad) de diferentes variantes de dos de los ejercicios más comunes de estabilidad de *core* (i.e. el puente frontal y el puente dorsal) en diferentes franjas de edades, para analizar el efecto del sexo y la edad en estas progresiones. En base a los resultados expuestos en la literatura se prevee que las mujeres tengan un mayor control lumbopélvico que los hombres (Saeterbakken et al., 2020). A medida que se avanza en las progresiones de los puentes se espera valores más altos de acelerometría en todas las franjas de edades, especialmente en posiciones que hagan uso de superficies inestables (Vera-García et al., 2020). No obstante, se prevé que cada participante tenga sus propias progresiones en función de sus características específicas, principalmente debido a su nivel de entrenamiento en ejercicios de estabilidad de *core* y establecer correlaciones según la edad, como un menor control lumbopélvico en personas mayores de 60 años.

## Material y métodos

### Contexto y participantes

Esta intervención se llevó a cabo en el gimnasio Ingym, situado en la localidad de Caudete (Albacete), concretamente, en una zona de entrenamiento funcional, la cual fue seleccionada por su amplio espacio, el equipamiento y la superficie de césped sintético para la comodidad de los participantes. Una parte de la muestra fue recogida el año anterior por un estudiante de máster de la Universidad Miguel Hernández (32 sujetos), formando un total de 54 personas físicamente activas y sanas (26 hombres y 28 mujeres; edad =  $38,53 \pm 17,64$ ; masa corporal =  $66,25 \pm 12,60$ ; y altura =  $166,80 \pm 8,40$ ). Todos los participantes aceptaron participar voluntariamente, conociendo en qué consistió el proyecto y la posibilidad de abandonar en cualquier momento la intervención.

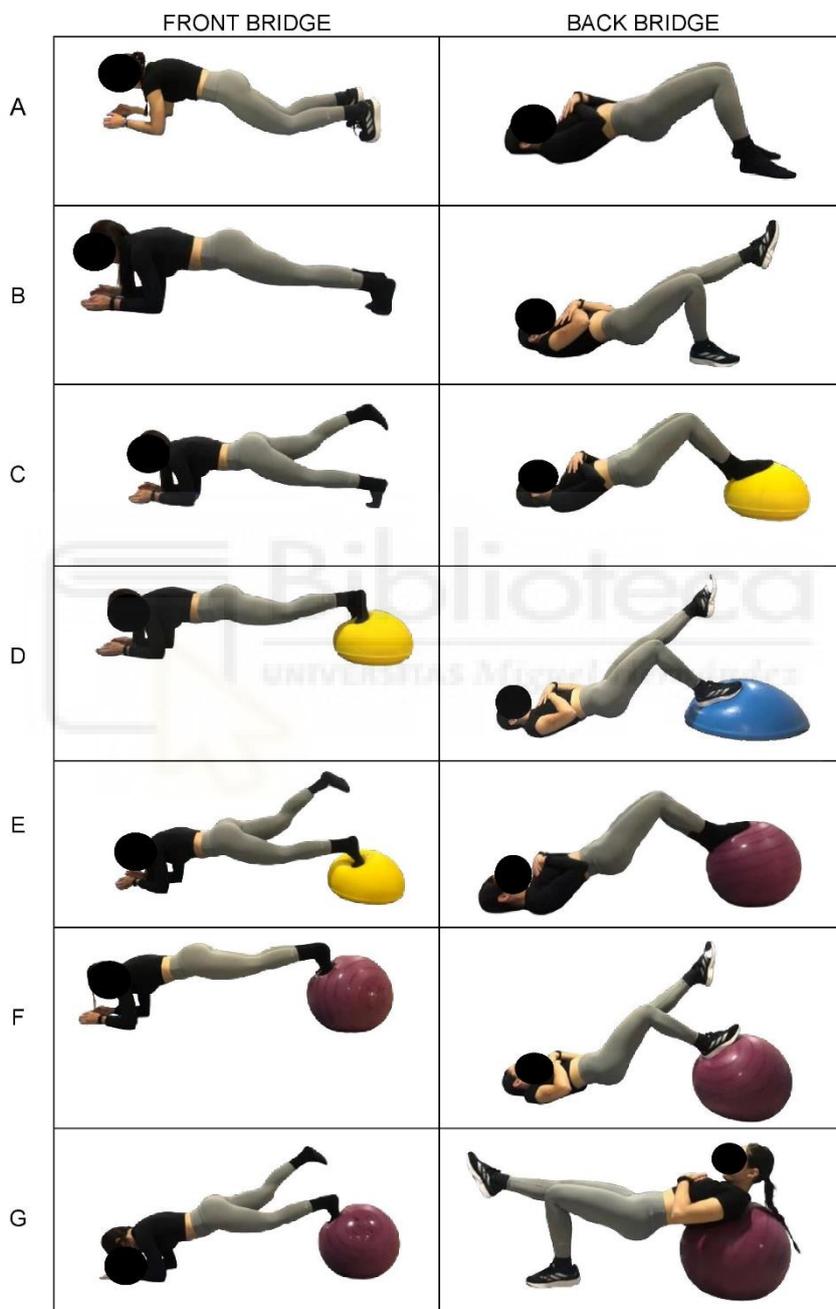
La población se seleccionó teniendo en cuenta los siguientes criterios de inclusión: participantes activos (i.e. 30 a 120 minutos de actividad física moderada o vigorosa entre 2-5

sesiones por semana) (Heradia-Elvar et al., 2021), sin lesiones que contraindicaran la práctica de ejercicio y con disponibilidad para participar. Por otro lado, fueron excluidos aquellos individuos con lesiones musculoesqueléticas (e.g., dolor lumbar, cirugías de columna, abdomen, cadera, hombros, hernias...), con patologías neurológicas y embarazadas.

## Procedimiento

Los participantes realizaron siete variaciones de los ejercicios de puente frontal y puente dorsal. En cada variante, los participantes mantuvieron la postura durante 15 segundos, con un breve descanso (10 segundos aproximadamente) entre la preparación del móvil y el recordatorio de la próxima variante. Las variaciones se realizaron en base a criterios mecánicos. En primer lugar, se realizaron las variantes del puente frontal respetando el siguiente orden: a) puente frontal corto; b) puente frontal largo; c) puente frontal con elevación de una pierna; d) puente frontal sobre bosu con base plana con apoyo de ambas piernas; e) puente frontal sobre bosu con base plana con elevación de una pierna; f) puente frontal sobre fitball de gran dimensión con apoyo de ambas piernas; g) puente frontal sobre fitball de gran dimensión con elevación de una pierna. Posteriormente, se ejecutaron las variantes de puente dorsal: a) puente dorsal convencional; b) puente dorsal con elevación de una pierna; c) puente dorsal sobre bosu con base plana con apoyo de ambas piernas; d) puente dorsal sobre bosu con base plana con elevación de una pierna; e) puente dorsal sobre fitball de gran dimensión con apoyo de ambas piernas; f) puente dorsal sobre fitball de gran dimensión con elevación de una pierna; g) puente dorsal apoyando el tronco sobre el fitball de gran dimensión con elevación de una pierna. En lo que respecta a las variantes unipodales, todas se realizaron con apoyo de la pierna dominante. Previamente al inicio de la medición, los participantes realizaron un calentamiento de 15 segundos de trabajo y 15 segundos de descanso de los siguientes ejercicios: a) protracción y retracción escapular; b) anteversión y retroversión pélvica; c) *cat-camel*; d) encorvamientos frontales y oblicuos, e) escalador; f) *bird-dog*

(alternando subida y bajada de brazos de forma dinámica). La selección de las progresiones, así como el calentamiento, se fundamentan en un estudio previo de Heradia-Elvar et al. (2021).



*Figura 1. Variantes de los ejercicios de puente frontal y dorsal. Variantes del puente frontal: a) puente frontal corto; b) puente frontal largo; c) puente frontal con elevación de una pierna; d) puente frontal sobre bosu con base plana con apoyo de ambas piernas; e) puente frontal sobre bosu con base plana con elevación de una pierna; f) puente frontal sobre fitball de gran dimensión con apoyo de ambas piernas; g) puente*

*frontal sobre fitball de gran dimensión con elevación de una pierna. Variantes del puente dorsal: a) puente dorsal convencional; b) puente dorsal con elevación de una pierna; c) puente dorsal sobre bosu con base plana con apoyo de ambas piernas; d) puente dorsal sobre bosu con base plana con elevación de una pierna; e) puente dorsal sobre fitball de gran dimensión con apoyo de ambas piernas; f) puente dorsal sobre fitball de gran dimensión con elevación de una pierna; g) puente dorsal apoyando el tronco sobre el fitball con elevación de una pierna.*

Para evaluar la estabilidad del tronco se registraron los datos de aceleración lumbopélvica mediante un acelerómetro integrado en un teléfono inteligente (Iphone SE, 2020), utilizando una aplicación que está siendo desarrollada actualmente por el grupo de Biomecánica para la Salud y el Rendimiento Deportivo (CoreMaker). La colocación del móvil se llevó a cabo gracias a un cinturón ajustable con velcro, ubicado para los puentes frontales en la zona lumbar de los sujetos, y entre la cresta ilíaca y el trocánter mayor de la pierna dominante para los puentes dorsales.

Por otro lado, se instruyó a los participantes sobre tres criterios que debían seguir rigurosamente durante las mediciones. En primer lugar, los participantes debían mantener la columna lumbar y la pelvis en posición neutral, manteniendo una alineación adecuada, evitando actitudes cifóticas o el hundimiento del cuerpo. En segundo lugar, los participantes debían resistir el temblor abdominal sin perder el control de la posición, es decir, mantener una posición adecuada y controlada a pesar de las vibraciones en los músculos. En tercer lugar, era crucial evitar rotaciones o movimientos laterales, particularmente durante los puentes frontales, que pudieran afectar la alineación corporal y la correcta ejecución técnica de los puentes (Heradia-Elvar et al., 2021). Estas consignas fueron comunicadas y ejemplificadas a los participantes antes de comenzar el registro con el objetivo de que fueran conscientes de cómo realizar correctamente las variantes de los puentes. No obstante, en algunos casos los participantes recibieron toques suaves como señal para controlar uno de estos criterios y así, evitar movimientos bruscos que fueran recogidos por el acelerómetro.

### **Tratamiento y análisis de los datos**

Los datos fueron registrados en un Excel, haciendo un descriptivo del número de sujetos, sexo, edad, altura, peso, media y desviación estándar de la aceleración lumbopélvica registrada en cada variante de los puentes. Se agrupó numéricamente a cada sujeto según la edad (grupo 0: menos de 20 años; grupo 1: entre 20 y 39 años; grupo 2: entre 40-59 años; grupo 3: entre 60 y 71 años) y el sexo (1: hombre; 2: mujer). El análisis de los datos se realizó mediante el paquete SPSS (versión 22, SPSS, Chicago, Illinois, EE.UU.). Se utilizó la prueba de Kolmogorov-Smirnov para analizar la normalidad de los datos. Por otro lado, se utilizó la prueba T de medidas independientes para comparar entre hombres y mujeres, y el ANOVA de un factor junto con la corrección de Bonferroni en las comparaciones post hoc para determinar las diferencias significativas entre grupos en los distintos puentes.

## Bibliografía

- Barbado, D., Irlés-Vidal, B., Prat-Luri, A., García-Vaquero, M. P., & Vera-Garcia, F. J. (2018). *Training intensity quantification of core stability exercises based on a smartphone accelerometer*. PLoS One, 13(12), e0208262.
- Carbonell Baeza, A., Aparicio García-Molina, V. A., & Delgado Fernández, M. (2009). *Efectos del envejecimiento en las capacidades físicas: implicaciones en las recomendaciones de ejercicio físico en personas mayores*. Revista Internacional de Ciencias del Deporte, V(17), 1-18.
- Cholewicki J, Greene HS, Polzhofer GK, Galloway MT, Shah RA, Radebold A. *Neuromuscular function in athletes following recovery from a recent acute low back injury*. J Orthop Sports Phys Ther. 2002 Nov;32(11):568-75. doi: 10.2519/jospt.2002.32.11.568. PMID: 12449256.
- 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.
- 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.
- Leetun DT, Ireland ML, Willson JD, Ballantyne BT, Davis IM. *Core stability measures as risk factors for lower extremity injury in athletes*. Med Sci Sports Exerc. 2004 Jun;36(6):926-34. doi: 10.1249/01.mss.0000128145.75199.c3. PMID: 15179160.

- McGill, S. (2010). *Core Training: Evidence Translating to Better Performance and Injury Prevention*. *Strength and Conditioning Journal*, 32(3), 33-46.
- Martínez Carrasco, C. A. M., & Sánchez Videa, A. M. (2021). *Envejecimiento y control postural*. *Revista de Investigación e Información en Salud*, 16(40).
- Oltra, A. V. (2015). *Entrenamiento del core: selección de ejercicios seguros y eficaces*. EFDeportes.com, *Revista Digital*, 2020(210). Recuperado de: <http://www.efdeportes.com/>
- Prat-Luri, A., Moreno-Navarro, P., Carpena, C., Manca, A., Deriu, F., Barbado, D., & Vera-García, F. J. (2023). *Smartphone accelerometry for quantifying core stability and developing exercise training progressions in people with multiple sclerosis*. *Multiple Sclerosis and Related Disorders*, 72, 104618.
- 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*, 42(8), 697-706.
- Saeterbakken, A. H., Stien, N., Andersen, V., Scott, S., Cumming, K. T., Behm, D. G., ... & 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*, 52(7), 1599-1622.
- Vera-García, F. J., Barbado, D., Flores-Parodi, B., Alonso-Roque, J. I., & Elvira, J. L. L. (2013). *Activación de los músculos del tronco en ejercicios de estabilización raquídea / Trunk muscle activation in spine stabilization exercises*. *Revista Internacional de Medicina y Ciencias de la Actividad Física y el Deporte*, 13(52), 673-685.
- Vera-García, 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.

Vera-García, F. J., Barbado, D., Moreno-Pérez, V., Hernández-Sánchez, S., Juan-Recio, C.,  
& Elvira, J. L. L. (2015). *Core stability: evaluación y criterios para su entrenamiento*.  
Revista Andaluza de Medicina del Deporte, 8(3), 79-85.

Zazulak BT, Hewett TE, Reeves NP, Goldberg B, Cholewicki J. *Deficits in neuromuscular control of the trunk predict knee injury risk: a prospective biomechanical-epidemiologic study*. Am J Sports Med. 2007 Jul;35(7):1123-30. doi: 10.1177/0363546507301585. Epub 2007 Apr 27. PMID: 17468378.