



UNIVERSITAS
Miguel Hernández

**EFFECTO DE LA INTENSIDAD DE LOS EJERCICIOS
CONTROLADA MEDIANTE ACELEROMETRÍA
INTEGRADA EN SMARTPHONES SOBRE LA
EFICACIA DE LOS PROGRAMAS DE
ESTABILIDAD DEL TRONCO.**

Alumno: Cristina Benítez Medina

Tutores académicos: Francisco José Vera García y Casto Juan Recio

Curso académico: 2023 -2024

CONVOCATORIA DE JUNIO

ÍNDICE

RESUMEN.....	3
INTRODUCCIÓN.....	4
METODOLOGÍA.....	6
<i>Participantes</i>	6
<i>Diseño Experimental</i>	7
<i>Procedimiento</i>	9
<i>Programa de entrenamiento</i>	13
<i>Análisis estadístico</i>	15
REFERENCIAS	15



RESUMEN

Los ejercicios de estabilidad del tronco/core se relacionan con la mejora de la estabilidad y el equilibrio corporal en personas con déficits de equilibrio (i.e. personas mayores). A pesar de su importancia para el diseño de los programas de entrenamiento, la intensidad de los ejercicios de estabilidad generalmente se ha establecido en función de la experiencia y criterio personal de los profesionales encargados del diseño y seguimiento de estos programas, pero no en criterios o medidas objetivas, lo que dificulta el análisis de la relación dosis-respuesta de este tipo de entrenamientos. Teniendo en cuenta la aceleración de la pelvis durante la ejecución de los ejercicios de estabilización (medida con la acelerometría integrada en smartphones), en este estudio experimental se establecieron diferentes intensidades de entrenamiento de estabilidad. El objetivo del estudio fue comparar los efectos de dos programas de ejercicios de estabilidad del tronco con diferentes intensidades (mayor y menor) sobre la estabilidad del tronco en personas mayores. En este estudio participaron 14 personas de entre 60 y 80 años, que se dividieron aleatoriamente en 3 grupos: grupo control, grupo de mayor intensidad y grupo de menor intensidad. La duración del programa de entrenamiento fue de 6 semanas y con una frecuencia de 2 sesiones por semana. En cada sesión se realizaron 4 series de los ejercicios puente frontal, puente lateral, puente dorsal y bird-dog. Antes y después del periodo de entrenamiento, se valoró la estabilidad del tronco en sedestación mediante técnicas posturográficas y el control postural en los ejercicios de estabilización mediante la acelerometría integrada en smartpho

INTRODUCCIÓN

Los ejercicios de estabilidad del tronco/*core* buscan retar la capacidad de mantener o retomar una posición o trayectoria del tronco, cuando este es sometido a fuerzas internas o externas (Vera-Garcia et al., 2015). Actualmente, la realización de este tipo de ejercicios se relaciona con la mejora del equilibrio corporal en personas con déficits de equilibrio (personas mayores, personas que han sufrido un accidente cerebrovascular, etc.) (Willson, 2005), la prevención y el tratamiento del síndrome dolor lumbar (Cassidy, 1998), la mejora del rendimiento deportivo (Reed, 2012), la prevención de lesiones del miembro inferior (Zazulak et al., 2007) y la mejora de las capacidades físicas y psicológicas en personas mayores (Ko, 2014). En este sentido, los ejercicios de estabilidad del tronco son elementos habituales de los programas de acondicionamiento físico en personas mayores, sobre todo con el objeto de mejorar déficits de fuerza muscular del tronco, movilidad de la columna, equilibrio dinámico y movilidad funcional (Granacher et al., 2013; Babayigit, 2011), lo cual se ha relacionado con la prevención de caídas en esta población (Granacher et al., 2013; Canto et al., 2022; Choi et al., 2012).

Entre los ejercicios de estabilidad de tronco más comunes destacan las planchas o puentes dorsales, laterales y frontales, así como el bird-dog, ejercicios isométricos que retan la capacidad de los participantes para mantener la columna y la pelvis en posición neutra (conservando las curvaturas fisiológicas) durante el mantenimiento de diferentes posturas en decúbito supino, decúbito lateral, decúbito prono y cuadrupedia, respectivamente (Prat-Luri et al., 2023; Heredia-Elvar et al., 2021; Vera-Garcia et al., 2020; Barbado et al., 2018). Recientemente, la intensidad de estos ejercicios ha sido relacionada con la

dificultad de los participantes para mantener la posición requerida (es decir, el reto en el control postural del tronco) y señalada como una de las características más importantes de la carga de los programas de entrenamiento de estabilidad del tronco (Prat-Luri et al., 2023; Heredia-Elvar et al., 2021; Vera-Garcia et al., 2020; Barbado et al., 2018). A pesar de su importancia para el diseño de los programas de entrenamiento, la intensidad de los ejercicios de estabilidad generalmente se ha establecido en función de la experiencia y criterio personal de los profesionales encargados del diseño y seguimiento de estos programas (Cabanas-Valdés, 2016), pero no en criterios o medidas objetivas, lo que dificulta establecer de forma adecuada la relación dosis-respuesta de este tipo de entrenamientos (Barbado et al., 2018).

En los últimos años, el uso de la acelerometría integrada en teléfonos inteligentes se ha propuesto como una técnica fiable, fácil de usar y de bajo coste para cuantificar objetivamente la intensidad de los ejercicios de estabilización en función de la dificultad de los participantes para mantener una determinada posición del tronco, valorada mediante la oscilación/aceleración de la pelvis (Prat-Luri et al., 2023; Heredia-Elvar et al., 2021; Barbado et al., 2018). Asimismo, Heredia-Elvar et al. (2021) han utilizado esta técnica en ejercicios de estabilidad del tronco para establecer umbrales de aceleración de la pelvis que podrían representar el nivel mínimo de intensidad requerido para producir adaptaciones a través del entrenamiento. Sin embargo, la mayor parte de estos estudios se han realizado en poblaciones jóvenes y activas, por lo que se desconoce la utilidad de esta técnica para establecer diferentes intensidades de entrenamiento de estabilización en las personas mayores. Además, no tenemos constancia de la existencia de estudios experimentales que utilicen esta u otra

técnica, en cualquier población, para comparar el efecto de diferentes niveles de intensidad de los ejercicios de estabilidad del tronco. Por tanto, es necesario desarrollar nuevos estudios que nos permitan determinar cuáles son las intensidades de entrenamiento más adecuadas para el desarrollo de la estabilidad del tronco en diferentes poblaciones, sobre todo en poblaciones donde el trabajo de tronco pueda tener un impacto importante (personas con déficit de equilibrio, personas con dolor lumbar, etc.). En este sentido, el trabajo de tronco podría tener un impacto importante en las personas mayores, ya que es una población con una alta prevalencia de caídas y de dolor lumbar (Arnold, 2015; Granacher, 2014), que representa, además, el 20,09% de la población española (INE, 2023).

Considerando los posibles beneficios de los programas de ejercicios de estabilidad del tronco en el adulto mayor y la necesidad social de mejorar la calidad de vida de nuestros mayores, el objetivo de este Trabajo Fin de Máster fue analizar el efecto de dos niveles de intensidad de entrenamiento de estabilización del tronco (alta intensidad vs. baja intensidad), establecidos y controlados a través de acelerometría integrada en teléfonos inteligentes, sobre la estabilidad del tronco en personas de entre 65 y 80 años.

METODOLOGÍA

Participantes

En este estudio, participaron voluntariamente 14 adultos mayores (edad= $72,35 \pm 3.76$ años) sanos y físicamente activos (entre 2 y 5 días por semana con una duración de 1-2 horas por sesión para un total de 150-250 min). Los participantes no tenían ninguna afección médica que contraindicara la

participación en un programa de ejercicios para el tronco, como enfermedad respiratoria grave, hipertensión, enfermedad cardíaca, lesión musculoesquelética, incontinencia urinaria o hernia inguinal. Del mismo modo, aquellos que participaron o habían participado en otros programas estructurados de ejercicios para el tronco dentro de los 6 meses anteriores también fueron excluidos del estudio. Para iniciar el estudio, los participantes firmaron un formulario de consentimiento informado, que fue aprobado por la Oficina de Ética en Investigación de la Universidad (DPS.FVG.01.17) de acuerdo con la Declaración de Helsinki.

Además, se solicitó a los sujetos que proporcionaran un documento firmado por su médico de atención primaria (un certificado de aptitud física elaborado por el grupo de estudio) que certificaba que no presentaban ninguna contraindicación para participar en el estudio.

Diseño Experimental

El plan de entrenamiento experimental fue diseñado y liderado por miembros del Laboratorio de Biomecánica y Salud del Centro de Investigación Deportiva de la Universidad Miguel Hernández de Elche. Este plan implicó la participación de dos grupos experimentales (mayor y menor intensidad) y un grupo control (no realizó ningún tipo de ejercicio) seleccionados aleatoriamente entre los sujetos. A continuación, se describen las características de los tres grupos: G1, grupo de mayor intensidad (n=6; edad=69,75±4,83 años; peso=67,3±11,73 kg; altura=1,665±0,125 m); G2 grupo de menor intensidad (n=5; edad=73±2,44 años; peso=74±6,64 kg; altura=1,681±0,72 m) y GC, grupo control (n=3; edad= 74 ± 4 años; peso= 75,4 ± 8,08 kg; altura= 1,646,3± 0,108m).

Se llevó a cabo un ensayo doble ciego controlado y aleatorizado por parejas para comparar los niveles iniciales de control del tronco entre los dos grupos de entrenamiento.

Los grupos experimentales participaron en un programa de entrenamiento supervisado de estabilidad de tronco durante 6 semanas. Además, ambos grupos completaron 4 sesiones durante 2 semanas previas a la intervención (pretest 1 y 2) y otras dos semanas posteriores a la intervención (post-test 1 y 2, como se muestra en la figura 1. Por lo tanto, la duración total del programa de intervención fue de 10 semanas.

El propósito principal de este estudio fue registrar el grado de oscilación de la pelvis durante la ejecución de ejercicios de estabilidad del tronco, utilizando una progresión de dificultad basada en el trabajo de Heredia-Elvar et al., (2021), así como evaluar la estabilidad del tronco en posición sentada mediante el uso de un asiento inestable.

Por otro lado, el grupo de control no recibió ningún tipo de entrenamiento durante la intervención, limitándose únicamente a completar una evaluación previa y posterior a la intervención. Además, se les pidió a estos participantes que mantuvieran el mismo nivel de actividad física durante todo el programa.

SEMANAS	TIPO DE INTERVENCIÓN
1	<i>Pre-test</i>
2	<i>Pre-test 2</i>
3 - 4	<i>Entrenamientos: 2 sesiones/semana</i> <i>G1: Mayor intensidad (n=6)</i> <i>G2: Menor intensidad (n=5)</i> <i>GC: Grupo control (n=3)</i>
5 - 6	
7 - 8	
9	<i>Post-test</i>
10	<i>Post-test 2</i>

Se ajustaron las cargas de entrenamiento al final de las semanas 4 y 6, mediante una reevaluación de los ejercicios.

Figura 1. Diseño Experimental

Procedimiento

Cada evaluación se llevó a cabo en dos periodos de registros que se realizaron dos semanas antes (evaluación pre-test 1 y 2) y dos semanas después (evaluación post-test 1 y 2) del programa de entrenamiento. Además, cada periodo de registro se dividió a su vez en dos sesiones. El nivel de familiarización inicial con los test fue el mismo para todos los participantes, ya que ninguno de ellos había realizado previamente los test realizados en este estudio. Los test se realizaron en una sala multiusos en el Club Atlético Montemar (Alicante), bien iluminada, climatizada y sin ruido, con el fin optimizar la concentración y atención de los participantes durante la ejecución de los test. Durante la sesión inicial de registro se determinaron los niveles de intensidad de los ejercicios de estabilización (ver figura 2), que incluían el puente frontal, puente lateral, puente dorsal y perro de muestra (bird-dog), basándose en la aceleración pélvica detectada por el acelerómetro triaxial integrado en un smartphone (modelo

iPhone SE, MHGQ3QL/A). Las aceleraciones registradas se utilizaron para seleccionar las variaciones de ejercicio más adecuadas para el nivel de intensidad de cada grupo de entrenamiento (consulte la sección de programa de entrenamiento).

Para medir la aceleración pélvica, se utilizó la aplicación CoreMaker desarrollada por el equipo de investigación, que calcula la aceleración media como el vector resultante promedio de la aceleración en los tres ejes del espacio (Duarte et al., 2014). Antes de realizar cada ejercicio, se colocó el teléfono inteligente en diferentes posiciones utilizando un cinturón elástico: i) encima del sacro para los puentes frontal y lateral, así como para el perro de muestra; ii) en el lateral de la pelvis en el puente dorsal, entre la cresta ilíaca del fémur y el trocánter mayor (en el lado dominante si ambas piernas estaban apoyadas, o en el lado de la pierna suspendida en variantes unipodales). Para evitar la fatiga, se contrabalancearon el orden de los ejercicios, pero el nivel de dificultad se incrementó progresivamente de menor a mayor siempre. La posición requerida fue mantenida por los participantes durante 15 segundos. Además, para minimizar las fluctuaciones posturales iniciales, se comenzó a registrar la aceleración tan pronto como un investigador confirmaba que el participante adoptaba la postura correcta, y se corregía la posición si era necesario. Simultáneamente, otro investigador registraba los datos y observaba posibles errores de ejecución u otras observaciones relevantes.



Figura 2. Variantes de los ejercicios de puentes y de bird-dog evaluados mediante acelerometría para seleccionar las variantes de los ejercicios que mejor se ajustaba a la intensidad de caga grupo de entrenamiento.

En la segunda sesión de evaluación se llevó a cabo la medición de parámetros relacionados con la estabilidad del tronco. Se utilizó un asiento inestable (ver figura 3) compuesto por una estructura de madera con un soporte ajustable para los pies y una semiesfera de poliéster unida en la parte inferior (con un radio de 35 cm y una altura del asiento de 12 cm en relación con el punto más bajo de la semiesfera). Para evitar la participación de las extremidades inferiores, se cinchó al participante con unas cintas inextensibles, colocando las

rodillas con un ángulo de 90 grados. El asiento se colocó sobre una plataforma de fuerza (modelo 9286AA de Kistler, Suiza) ubicada a una altura de 0,9 m sobre una superficie horizontal estable y rígida que registró los datos a una frecuencia de 1000 Hz. Los participantes recibían información en tiempo real sobre el desplazamiento del centro de presión. Además, se presentó a los participantes un punto objetivo, para evaluar la capacidad del sujeto de ajustar su posición de CoP al punto objetivo, mientras este se movía en una trayectoria circular. La amplitud del desplazamiento del punto objetivo correspondía a un ángulo de inclinación del centro de masa del HAT ($0,626 \times$ altura del tronco) de 4° . El punto diana tardaba 20 segundos en completar un ciclo (0,05 Hz). La duración de cada ensayo fue de 70 segundos, repitiéndose 5 veces y el periodo de descanso entre ensayos fue de 1 minuto. Los participantes realizaron cada ensayo con los brazos cruzados sobre el pecho. Para evaluar el control del tronco en sedestación sobre el asiento inestable, la señal del CoP se filtró mediante un filtro de paso bajo Butterworth de segundo orden con una frecuencia de corte de 5 Hz y luego se interpoló a 20 Hz. Se excluyeron los primeros 10 segundos de cada prueba debido a que la señal usualmente no es estacionaria al inicio de este tipo de evaluaciones. Dado que esta tarea implica el uso de retroalimentación visual para medir el rendimiento de la prueba, se utilizaron los valores medios del coeficiente de error radial obtenidos con el software en el entorno 'LabView' como medida general.

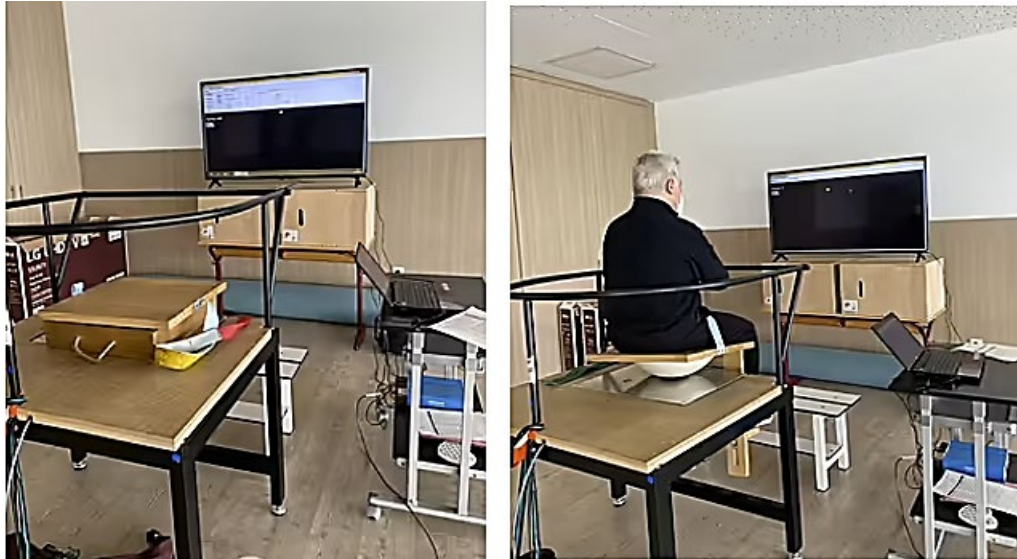


Figura 3. Asiento inestable y participante durante la ejecución de ejercicio en el asiento inestable.

Programa de entrenamiento

Los entrenamientos se llevaron a cabo en la misma sala del Club Atlético Montemar, donde se realizaron las evaluaciones de los participantes, bajo la supervisión y control del equipo de investigación. Los participantes de los grupos de mayor y menor intensidad realizaron un programa de ejercicios de estabilización similar, pero con diferentes niveles de intensidad. Ambos programas tuvieron una duración de seis semanas e incluyeron dos sesiones de entrenamiento de 40 minutos por sesión. Cada sesión consistió en cuatro series de ejercicios, cada uno durante 25 segundos, que incluyeron el puente frontal, puente lateral derecho, puente lateral izquierdo, puente dorsal y el movimiento de bird-dog. Se permitió un tiempo de descanso de 20 segundos entre ejercicios y de 1 minuto entre series.

Para los participantes del grupo de mayor intensidad se seleccionaron aquellas variantes en las que lograron en las sesiones de evaluación pre-test

unos valores de aceleración pélvica entre 0,25 y 0,35 m/s² para el puente lateral, el puente dorsal y el bird-dog, y unos valores de 0,30 y 0,40 m/s² para el puente frontal. Por otro lado, para los participantes del grupo de menor intensidad se seleccionaron aquellas variantes con unos valores de aceleración pélvica entre 0,15 y 0,25 m/s² para el puente lateral y dorsal y el bird-dog, y entre 0,20 y 0,30 m/s² para el puente frontal. Estos rangos de aceleración (consultar Tabla 3) se fundamentan en un estudio reciente realizado por Heredia-Elvar et al. (2021), quienes establecieron los umbrales de aceleración para adolescentes físicamente activos y se basan en los datos obtenidos de un estudio piloto realizado por un grupo de investigación con 6 participantes adultos mayores.

Tabla 1. Rangos de aceleración de la pelvis (m/s²) de los ejercicios de estabilidad para la selección de las variantes realizadas por cada uno de los grupos (mayor y menor intensidad)

GRUPOS	PUENTE FRONTAL	PUENTE LATERAL	PUENTE DORSAL	BIRD-DOG
GRUPO 1: MAYOR INTENSIDAD	0.30-0.40	0.25-0.35	0.25-0.35	0.25-0.35
GRUPO 2: MENOR INTENSIDAD	0.20-0.30	0.15-0.25	0.15-0.25	0.15-0.25

Cada dos semanas de entrenamiento, ambos grupos experimentales fueron sometidos a una nueva evaluación de la intensidad de los ejercicios para ajustar la carga de entrenamiento de cada participante (consultar Tabla 1). Durante este proceso, se registró la aceleración pélvica mientras los participantes realizaban variaciones de los ejercicios realizados durante las últimas dos semanas. Si la intensidad de las variantes utilizadas se mantenía dentro del rango establecido, los participantes continuaban con la misma variante durante las próximas dos semanas. No obstante, si la intensidad caía por debajo del rango deseado, se seleccionaban otras variantes dentro del rango de intensidad requerido.

Análisis estadístico

Se determinó la media y la desviación estándar de cada una de las variables incluidas en el estudio. Posteriormente, se aplicó la prueba de Kolmogorov-Smirnov con la corrección de Lilliefors para evaluar si los datos seguían una distribución normal.

Se llevó a cabo un análisis de varianza mixto (ANOVA mixto) para todas las variables con el fin de detectar posibles diferencias significativas entre los distintos grupos después del entrenamiento de estabilidad del tronco. El factor entre-grupos fue "grupo" (con tres niveles: grupo de control, mayor intensidad y menor intensidad) y el factor intra-grupos fue el "momento temporal" (con dos niveles: pre-test 1 y pre-test 2, post-test 1 y post-test 2). Para determinar si existían diferencias entre los grupos en el pretest y el posttest, se examinó si había una interacción significativa entre ambos factores (grupo y momento temporal). Después de rechazar la hipótesis nula de no significancia, se realizó un análisis post hoc utilizando la prueba t de Student ajustada con la corrección de Bonferroni para identificar entre qué grupos se presentaban estas diferencias.

Todos los cálculos estadísticos se efectuaron utilizando "Statistical Package for Social Sciences" (SPSS, versión 22.0, SPSS Inc., Chicago, IL, SA), fijando un nivel de significación de $p < 0.05$.

REFERENCIAS

Arnold, C., Lanovaz, J., Oates, A., Craven, B., & Butcher, S. (2015). The effect of adding core stability training to a standard balance exercise program on

- sit to stand performance in older adults: a pilot study. *Journal of aging and physical activity*, 23(1), 95–102. Doi: 10.1123/japa.2013-0115
- Barbado, D., Irlés-Vidal, B., Prat-Luri, A., García-Vaquero, M. P., & Vera-García, F. J. (2018). Training intensity quantification of core stability exercises based on a smartphone accelerometer. *PloS One*, 13(12), e0208262.
- Cabanas-Valdés, R., Bagur-Calafat, C., Girabent-Farrés, M., Caballero-Gómez, F. M., Hernández-Valiño, M., & Urrútia Cuchí, G. (2015). The effect of additional core stability exercises on improving dynamic sitting balance and trunk control for subacute stroke patients: A randomized controlled trial. *Clinical Rehabilitation*, 30(2), 161-169. <https://doi.org/10.1177/0269215515609414>
- Canto, Y. E., Andrade, R. P., & Rodríguez, L. U. (2022). Ejercicios multicomponente sobre la calidad de vida y el equilibrio en adultos mayores: Revisión sistemática y metaanálisis. *Fisioterapia*, 44(3).
- Cassidy, J. D., Carroll, L. J., & Côté, P. (1998). The Saskatchewan Health and Back Pain Survey - The prevalence of low back pain and related disability in Saskatchewan adults. *Spine*, 23, 1860-1866.
- Choi, S. H., Lim, J. H., & Cho, H. Y. (2012). The effects of trunk stabilization exercise using swiss ball and core stabilization exercise on balance and gait in elderly women. *Journal of Korean Society of Physical Medicine*, 7(1), 49-58.
- Duarte, F., Lourenço, A., & Abrantes, A. (2014). Classification of physical activities using a smartphone: evaluation study using multiple users. *Procedia Technology*, 17, 239-247.

- Granacher, U., Gollhofer, A., Hortobágyi, T., Kressig, R. W., & Muehlbauer, T. (2013). The importance of trunk muscle strength for balance, functional performance, and fall prevention in seniors: a systematic review. *Sports Medicine*, 43(7), 627-641. DOI: 10.1007 / s40279-013-0041-1
- Granacher, U., Lacroix, A., Muehlbauer, T., Roettger, K., & Gollhofer, A. (2013). Effects of core instability strength training on trunk muscle strength, spinal mobility, dynamic balance and functional mobility in older adults. *Gerontology*, 59(2), 105-113.
- Granacher, U., Schellbach, J., Klein, K., Prieske, O., Baeyens, J.-P., & Muehlbauer, T. (2014). Effects of core strength training using stable versus unstable surfaces on physical fitness in adolescents: A randomized controlled trial. *BMC Sports Science, Medicine and Rehabilitation*, 6, 40. <https://doi.org/10.1186/2052-1847-6-40>
- 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*, 1799.
- Instituto Nacional de estadística (2023). Indicadores de Estructura de la Población. Recuperado de <https://www.ine.es/jaxiT3/Datos.htm?t=1488>
- Irez, G. B., Ozdemir, R. A., Evin, R., Irez, S. G., Korkusuz, F., & Temelli, Y. (2011). Integrating Pilates exercise into an exercise program for 65+ year-old women to reduce falls. *Journal of sports science & medicine*, 10(1), 105.
- Ko, D. S., Jung, D. I., Jeong, M.-A. (2014). Analysis of Core Stability Exercise Effect on the Physical and Psychological Function of Elderly Women

- Vulnerable to Falls during Obstacle Negotiation. *Journal of Physical Therapy Science*, 26(11), 1697–1700. doi:10.1589/jpts.26.1697
- Lazaro, A. L. (2022). Nuevas experiencias en educación psicomotriz. *Madrid: Miño y Dávila*.
- Prat-Luri, A., de los Rios-Calonge, J., Moreno-Navarro, P., Manresa-Rocamora, A., Vera-Garcia, F. J., & Barbado, D. (2023). Effect of Trunk-Focused Exercises on Pain, Disability, Quality of Life, and Trunk Physical Fitness in Low Back Pain and How Potential Effect Modifiers Modulate Their Effects: A Systematic Review With Meta-analyses. *Journal of Orthopaedic & Sports Physical Therapy*, 53(2), 64-93. <https://doi.org/10.2519/jospt.2023.11091>
- Vera-García, F. J., Barbado, D., Moreno-Pérez, V., Hernández-Sánchez, S., Juan-Recio, C., & Elvira, J. L. L. (2014). Core stability: evaluación y criterios para su entrenamiento. *Revista de Andalucía de Medicina del Deporte*, 7(1), 29-43. <https://doi.org/10.1016/j.ramd.2014.02.005>
- Vera-Garcia, F. J., Lopez, D., Recio, C., & Barbaro, D. (2019). Pruebas para medir la estabilidad del núcleo en entornos de laboratorio y de campo: análisis de confiabilidad y correlación. *Revista de biomecánica aplicada*, 223-231.
- 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. *Eur J Appl Physiol* 120(3), 567-577. <https://doi.org/10.1007/s00421-020-04313-9>

Willson JD, Dougherty CP, Ireland MLI, Davis IM (2005). Core stability and its relationship to lower extremity function and injury. *J Am Acad Orthop Surgeons*. 13(5):316–25.

Zazulak BT, Hewett TE, Reeves NP, Goldberg B, Cholewicki J. (2007). Deficits in neuromuscular control of the trunk predict knee injury risk: A prospective biomechanical-epidemiologic study. *Am J Sports*. 35(7):1123–30.

