

**Progresiones de intensidad de diferentes ejercicios
funcionales para la mejora de la estabilidad y el
control postural.**

UNIVERSIDAD MIGUEL HERNANDEZ DE ELCHE

FACULTAD DE CIENCIAS SOCIO SANITARIAS

TRABAJO DE FIN DE MÁSTER EN RENDIMIENTO DEPORTIVO Y SALUD



UNIVERSITAS
Miguel Hernández

Estudiante: Azael Morales Umpiérrez

Tutor académico: Casto Juan Recio

Curso académico 2023-2024

Índice.

1. Introducción.	1
2. Método.....	3
2.1. Participantes.....	3
2.2. Procedimiento experimental.....	3
2.3 Variantes de los ejercicios.	3
2.4. Tratamiento de los datos.....	7
3. Análisis estadístico.	7
4. Referencias bibliográficas.....	8



1. Introducción.

El control o la estabilidad postural se ha definido como la capacidad de mantener y controlar el propio centro de gravedad o mantener el equilibrio dentro de los límites de la estabilidad, sobre una base de apoyo que depende de la coordinación y sinergia entre los sistemas vestibular, visual y somatosensorial (Heebner et al., 2015). En este sentido, cuando este concepto se aplica a las estructuras centrales del cuerpo, se refiere a la capacidad de estas estructuras osteoarticulares y musculares para mantener y/o retomar una posición o trayectoria cuando es sometida ante fuerzas internas y/o externas (Vera-García et al., 2015a). En el ámbito del rendimiento deportivo, una mayor estabilidad del tronco proporciona una plataforma estable para el movimiento y la generación de fuerza, y ha mostrado un impacto positivo durante las actividades deportivas (Akuthota et al., 2008; Butcher et al., 2007). Así mismo, un peor control neuromuscular de estas estructuras se ha relacionado con la aparición de lesiones en miembro inferior y en la columna vertebral (Zazulak et al., 2007), mientras que una musculatura del tronco fuerte y estable puede mejorar la función y la movilidad en las actividades diarias, facilitando la realización de tareas cotidianas y reduciendo la fatiga y el estrés en la columna vertebral (Vera-García et al., 2015).

Atendiendo a la literatura científica sobre los programas de entrenamiento de la estabilidad del tronco, algunos de los ejercicios más utilizados son los siguientes: puente frontal, puente lateral, puente dorsal o el bird dog (Vera-García et al., 2015b; Vera-García et al., 2020), los cuales son ejercicios de carácter isométrico realizados en el suelo cuyo objetivo es retar la estabilidad del tronco. La duración y la frecuencia de los programas de estabilidad del tronco pueden variar, pero generalmente se recomienda realizar sesiones de entrenamiento de 2 a 3 veces por semana, con una duración de 20 a 30 minutos por sesión (Manchado et al., 2017). Sin embargo, aunque estos programas proporcionan información sobre el volumen, que es una variable que se ha modulado a través de parámetros fácilmente cuantificables como la duración del ejercicio, el número de repeticiones y las series, no ocurre lo mismo con otros parámetros como la intensidad (Barbado et al., 2018).

Capacidades físicas como la fuerza o la resistencia cardiorrespiratoria usan parámetros objetivos como la repetición máxima (Grgic et al., 2020) y el consumo máximo de oxígeno (Balasekaran., 2023) para cuantificar la intensidad y prescribir el entrenamiento en función de los objetivos. Sin embargo, en los programas de estabilidad del tronco la progresión de estos ejercicios suele establecerse en base a criterios mecánicos y la percepción subjetiva del profesional, pero no se utilizan herramientas objetivas para cuantificar el grado de dificultad

(intensidad) que suponen estos ejercicios, limitando el análisis de la dosis-respuesta de los programas de estabilidad del tronco (Barbado et al., 2018; Vera-García et al., 2015b). Para abordar esta cuestión, recientemente se ha utilizado la acelerometría integrada en smartphones inteligentes como herramienta para cuantificar el grado de dificultad (intensidad) de los ejercicios de estabilidad de tronco anteriormente mencionados (Barbado et al., 2018; Vera García et al., 2020). La acelerometría, medida a través de teléfonos inteligentes, ha mostrado ser una herramienta fiable y de bajo coste para cuantificar la intensidad de los ejercicios de estabilidad del tronco, proporcionando información sobre la dificultad y el desafío del control postural (Barbado et al., 2018).

Como se ha mencionado anteriormente, los programas de estabilidad del tronco incluyen ejercicios realizados en el suelo mayoritariamente (Sasaki et al., 2019). Una de las principales razones de su uso es la seguridad y la capacidad de progresión debido a la facilidad de manipular algunos criterios mecánicos (brazo de palanca, base de sustentación, número de apoyos, etc.), estableciendo así diferentes variantes con diferentes grados de dificultad (Heredia-Elvar et al., 2024)

Sin embargo, una de las limitaciones del trabajo en suelo puede estar relacionado con una menor transferencia a acciones propias de la vida cotidiana o acciones en el rendimiento deportivo como por ejemplo saltar con oposición. Por consiguiente, en este trabajo final de máster se realizará una propuesta de ejercicios en otras posiciones diferentes (i.e., sedestación, bipedestación) a los ejercicios clásicos realizados en el suelo, incrementando su dificultad a través de criterios mecánicos como la disminución de la base de sustentación, el aumento de los brazos de palanca o el uso de superficies inestables (Heredia-Elvar et al., 2024). En este sentido, se buscará establecer una progresión de variantes del ejercicio press palloff tanto en sedestación como en bipedestación. El press palloff es un ejercicio de antirotación de tronco o plano transversal que se puede realizar mediante el uso de una banda resistencia o cable, tanto de manera dinámica como de manera isométrica (Mendrin et al., 2016). Además del press palloff también se realizarán ejercicios de equilibrio en sedestación y bipedestación, utilizando la acelerometría medida a través de teléfonos inteligentes para cuantificar su intensidad.

2. Método.

2.1. Participantes.

En esta intervención participaron un total de 6 varones (n=6; edad:30,5 ± 11 años; altura: 173 ± ,73 cm; masa corporal:77 ± 6,74 kg) y 6 mujeres (n=6; edad:25,6 ± 3,88 años; altura: 165,9 ± 5,65 cm; masa corporal: 61,86 ± 6 kg). Los 12 sujetos que participaron en esta intervención son personas físicamente activas teniendo en cuenta que realizan como mínimo 150 minutos semanales de actividad física moderada o 75 minutos de actividad física vigorosa. (Hannah Arem et al., 2015). Los participantes no presentaban ninguna lesión ni patología que contraindicara la práctica de ejercicio físico.

2.2. Procedimiento experimental.

Los participantes completaron dos sesiones de registro de aproximadamente 60 minutos cada una, con una separación entre ambas de una semana. En cada una de las sesiones, cada participante debía completar un total de 4 ejercicios de estabilidad del tronco y control postural, con 5 variantes para cada uno de ellos. Cada sesión implicaba completar 2 series de todas las variantes, es decir, el sujeto realizaba 1 serie completa de todas las variantes, y a continuación realizaba una segunda serie de cada una de todas las variantes, hasta completar así un total de 40 ensayos. Además, en cada caso, se disponía de dos oportunidades para completar la variante correspondiente. Si la persona no lograba realizar la tarea en esos dos intentos, se concluía que no era capaz de hacerlo. Para poder completar dichos ensayos se debía mantener la postura indicada por el investigador durante 15 segundos. Durante este tiempo se registraba la aceleración media (m/s^2) de la zona lumbopélvica través de la aplicación *Coremaker*. Para ello se colocaba un acelerómetro integrado en un teléfono inteligente (modelo iPhone SE, MHGQ3QL/A) en la zona lumbar (sobre el sacro) a través de un cinturón elástico.

A continuación, se describen los 4 ejercicios con sus respectivas 5 variantes, en el orden de ejecución realizada por los sujetos de esta intervención.

2.3 Variantes de los ejercicios.

EJERCICIOS DE EQUILIBRIO EN BIPEDESTACIÓN

Las variantes de este ejercicio fueron las siguientes:

- **Posición de tándem:** Los sujetos se colocaron en una posición de tándem, donde el pie dominante se coloca delante del pie no dominante siguiendo una línea recta y tocando

con la puntera del pie atrasado el talón del pie adelantado. Las manos se colocan en contacto con los hombros en forma de cruz (Figura 1A).

- **Posición de tándem con movimiento de cabeza.** Esta variante fue igual que la anterior, pero se le añadió el movimiento de la cabeza a un lado y a otro con unos 45° aproximadamente de rango de movimiento a un ritmo de 30 beats por minuto (bpm), marcado a través de un metrónomo integrado en smartphone. (Figura 1B).
- **Posición de tándem sobre superficie inestable (i.e., foam) con movimiento de cabeza.** Esta variante fue igual a la variante anterior con la diferencia de que en esta ocasión se añadió una superficie inestable (foam) de 10 cm de altura x 50 cm ancho x 50 cm de largo (Figura 1C).
- **Posición de bipedestación sobre superficie inestable.** El participante se colocó con los pies juntos en bipedestación sobre un bosu (modelo tortuga T2) con unas dimensiones de 75 cm de anchura por 25 cm de altura. La parte plana del bosu se colocó en contacto con el suelo mientras que en la parte de semiesfera se colocó el sujeto para la realización del ejercicio (Figura 1D).
- **Posición de bipedestación sobre superficie inestable con movimiento de cabeza.** En esta variante se hizo lo mismo que en la anterior, pero se le añadió el movimiento de cabeza a un lado y a otro con unos 45° aproximadamente de rango de movimiento a un ritmo de 30 bpm (Figura 1E).

Cada una de estas variantes se realizó con las manos colocadas en contacto con los hombros en forma de cruz donde el objetivo principal era mantener el equilibrio y oscilar lo menos posible durante los 15 segundos establecidos por el investigador.



Figura 1. Equilibrio; A) Tándem; B) tándem + movimiento de cabeza; C) Tándem + foam + movimiento de cabeza; D) Bipedestación sobre bosu; E) bipedestación sobre bosu + movimiento de cabeza.

EJERCICIO PRESS PALLOF

Las variantes de este ejercicio fueron las siguientes:

- **Press pallof de rodillas.** El sujeto se colocó en posición de rodillas sobre una almohadilla. Las rodillas deben estar lo más pegadas posibles entre sí a ser posible estableciendo contacto entre ellas (Figura 2A).

- **Press pallof pies juntos.** Esta variante se realizó de la misma manera que la anterior, pero en bipedestación y con los pies juntos (Figura 2B).
- **Press pallof tándem.** En esta variante se redujo la base de sustentación y se colocaron los pies en posición de tándem, donde la pierna dominante del sujeto se colocó delante y la pierna no dominada detrás (Figura 2C).
- **Press pallof pies juntos sobre superficie inestable.** El sujeto realiza el press palloff colocado encima de un bosu con los pies juntos (Figura 2D).
- **Press pallof tándem sobre superficie inestable.** Esta variante es igual que la anterior, pero en este caso los pies se colocaron encima del bosu en posición de tándem (Figura 2E).



Figura 2. Press pallof: A) En posición de rodillas; B) Con los pies juntos; C) En posición de tándem; D) Con los pies juntos sobre bosu; E) En posición de tándem sobre bosu.



Figura 3. Dinamómetro con 5 kg de tensión.

Para cada una de estas variantes de este ejercicio se utilizó un dinamómetro digital (Figura 3) que iba unido a la banda elástica para de esta forma estandarizar que cada persona según su peso siempre tuviera la misma resistencia por parte de la banda elástica. La tensión generada por la banda en función del peso corporal (kg) fue la siguiente: 50-60: 4 kg, 60-70: 4.5 kg, 70-80: 5 kg, 80-90: 5.5 kg, >90: 6 kg. A su vez la banda elástica estaba anclada a una máquina de poleas donde se podía regular la altura de esta para cada una de las variantes, ya que en cada una de las variantes la altura del cable de la polea debía de estar a la altura de los hombros del sujeto y con los codos extendidos. La dirección del cable debía de seguir una trayectoria recta con respecto a la posición de las manos.

EQUILIBRIO SEDESTACIÓN SOBRE FITBALL

Para cada una de las variantes se utilizó un fitball de la marca Gymnic de 55 cm de diámetro. Las variantes de este ejercicio fueron las siguientes:

- **Sentado con los pies a la anchura de la cadera.** Para la realización de este ejercicio el sujeto se colocó sentado encima de un fitball con las piernas colocadas a la misma distancia que la anchura de las caderas, con un ángulo de 90 grados en la articulación de caderas y rodillas, sin tocar el fitball con los pies. Además, la columna debía permanecer en posición neutral, y las manos colocadas en los hombros en forma de cruz (Figura 4A).
- **Sentado con los pies juntos.** Esta variante se realizó de la misma manera que la anterior, pero con los muslos, las piernas, y los pies juntos (Figura 4B).
- **Sentado apoyando los talones.** Este ejercicio fue igual que el anterior, pero realizando una flexión dorsal del tobillo y manteniendo solo los talones apoyados en el suelo (Figura 4C).
- **Sentado con los pies juntos y movimiento de cabeza.** Esta variante fue igual que la variante anterior de pies juntos, con la diferencia que a esta variante se le añadió el movimiento de cabeza con unos 45° aproximadamente de rango de movimiento a un ritmo de 30 bpm, marcado a través de un metrónomo integrado en smartphone (Figura 4D).
- **Sentado con apoyo unipodal.** En esta variante la pierna dominante quedaba apoyada en el suelo mientras la pierna no dominante permanecía en el aire tras una ligera flexión de cadera. (Figura 4E).



Figura 4. Equilibrio sedestación; A) Con los pies a la anchura de las caderas; B) Con los pies juntos; C) Con los talones apoyados; D) Con los pies juntos + movimiento de cabeza; E) Con la pierna dominante apoyada

EJERCICIO PRESS PALLOF EN SEDESTACIÓN

Este ejercicio consistió en realizar el press pallof sentados en un cajón con un aumento de la carga en kg en cada una de las variantes (Figura 5). Los participantes se sentaron en el límite del cajón cinchados a través de una cinta de velcro, sin tener contacto de los pies con el suelo para limitar la contribución del tren inferior durante la ejecución del mismo. Para cada variante

se incrementaba la carga en 5 kg hasta que los sujetos no fueran capaces de aguantar la posición requerida. Las cargas oscilaron entre los 10 y 30 Kg.



Figura 5. Pres pallof en sedestación.

2.4. Tratamiento de los datos

Las series temporales de los datos de aceleración obtenidos del acelerómetro se filtraron utilizando un filtro digital Butterworth (cuarto orden, retraso de fase cero, frecuencia de corte de paso bajo de 10 Hz). Tras eliminar el primer segundo de cada ensayo, se seleccionaron los 12 segundos siguientes como ventana de señal para los análisis posteriores. La aceleración lineal pélvica se analizó mediante la aceleración media, que se calculó como la magnitud media del vector en los 3 ejes. Para el procesamiento de los datos de aceleración se utilizó un software específicamente diseñado "ad hoc" por nuestro grupo de investigación en el entorno Lab View 9.0 (v9.0, National Instruments, Austin, TX). Para el análisis estadístico se utilizaron los datos obtenidos en la segunda sesión.

3. Análisis estadístico.

Se calcularon los estadísticos descriptivos, incluida la media (el promedio de las dos series de cada sesión) y también la desviación típica para la aceleración pélvica para cada variación de cada uno de los ejercicios de estabilización. Se utilizó la prueba Kolmogorov – Smirnov junto con la corrección de Lilliefors ($p > 0.05$) para confirmar la distribución normal de los datos de la aceleración pélvica. La consistencia de los datos fue evaluada a través del error típico (desviación estándar de la diferencia entre las dos sesiones divididas por $\sqrt{2}$) y el coeficiente de correlación intraclass (ICC3,1) con sus límites de confianza fijados en el 95%.

Se utilizó una hoja de cálculo diseñada de Hopkins (Hopkins & Batterham, 2015) para analizar la fiabilidad test – retest interpretando los valores obtenidos de los siguientes criterios: Excelente (0,90-1,00), bueno (0,70-0,89), regular (0,50-0,69) y baja (<0,50), (Fleiss, 1999)

Basado en datos de fiabilidad anteriores para los procedimientos involucrados (Barbado et al, 2018) se consideró el error típico $\leq 20\%$ adecuado para el análisis posturográfico. Se realizó un ANOVA de medidas repetidas con un nivel de significancia establecido a 0,05 mediante el programa estadístico JASP para clasificar las variaciones de los ejercicios de estabilización de acuerdo con el desafío del control postural lumbopélvico impuesto a cada participante. El factor intrasujeto fueron las variaciones del ejercicio (las 5 variaciones de cada ejercicio).

4. Referencias bibliográficas.

- Akuthota, V., Ferreiro, A., Moore, T., & Fredericson, M. (2008). Core stability exercise principles. *Current Sports Medicine Reports*, 7(1), 39-44. <https://doi.org/10.1097/01.csmr.0000308663.13278.69>
- Arem, H., Moore, S. C., Patel, A., Hartge, P., De Gonzalez, A. B., Visvanathan, K., Campbell, P. T., Freedman, M., Weiderpass, E., Adami, H. O., Linet, M. S., Lee, I., & Matthews, C. E. (2015). Leisure Time Physical Activity and Mortality. *JAMA Internal Medicine*, 175(6), 959. <https://doi.org/10.1001/jamainternmed.2015.0533>
- Balasekaran, G. (2023). Prediction of Running Performances for World Class, Elite, Sub-elite, and Collegiate Athletes based on Maximal Aerobic Speed and Running Energy Reserve Index. *Deleted Journal*, 25(4), 1-2. <https://doi.org/10.15758/ajk.2023.25.4.1>
- 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. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0208262>
- Butcher, S. J., Craven, B. R., Chilibeck, P. D., Spink, K. S., Grona, S. L., & Sprigings, E. J. (2007). The Effect of Trunk Stability Training on Vertical Takeoff Velocity. *The Journal of Orthopaedic And Sports Physical Therapy*, 37(5), 223-231. <https://doi.org/10.2519/jospt.2007.2331>
- Fleiss JL. The design and analysis of clinical experiments. *Des Anal Clin Exp* 2: 152–162, 1999.
- Grgic, J., Lazinec, B., Schoenfeld, B. J., & Pedisic, Z. (2020). Test–Retest Reliability of the One-Repetition Maximum (1RM) Strength Assessment: a Systematic Review. *Sports Medicine - Open/Sports Medicine - Open*, 6(1). <https://doi.org/10.1186/s40798-020-00260-z>
- Heebner, N. R., Akins, J. S., Lephart, S. M., & Sell, T. C. (2015). Reliability and validity of an accelerometry based measure of static and dynamic postural stability in healthy and active individuals. *Gait & Posture*, 41(2), 535-539. <https://doi.org/10.1016/j.gaitpost.2014.12.009>
- Heredia-Elvar, J. R., Juan-Recio, C., Prat-Luri, A., Barbado, D., De los Ríos-Calonge, J., & Vera-García, F. J. (2023b). 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>
- Hopkins, W., & Batterham, A. (2015). Spreadsheets for Analysis of Validity and Reliability. <https://www.semanticscholar.org/paper/Spreadsheets-for-Analysis-of-Validity-and-Hopkins-Batterham/06def6d07be6b8d13090ab060705eda6a18493c3>
- Manchado, C., García-Ruiz, J., Cortell-Tormo, J. M., & Tortosa-Martínez, J. (2017). Effect of Core Training on Male Handball Players' Throwing Velocity. *Journal Of Human Kinetics*, 56(1), 177-185. <https://doi.org/10.1515/hukin-2017-0035>
- Mendrin, N., Lynn, S.K., Griffith-Merritt, H.K., & Noffal, G.J. (2016). Progresiones del entrenamiento del núcleo isométrico. *Diario de Fuerza y Acondicionamiento*, 38, 50–65.
- 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>
- 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. <https://doi.org/10.1007/s00421-020-04313-9>
- Vera-García, F., Barbado, D., Moreno-Pérez, V., Hernández-Sánchez, S., Juan-Recio, C., & Elvira, J. (2015a). Core stability. Concepto y aportaciones al entrenamiento y la prevención de lesiones. *Revista Andaluza de Medicina del Deporte*, 8(2), 79-85. <https://doi.org/10.1016/j.ramd.2014.02.004>
- Vera-García, F., Barbado, D., Moreno-Pérez, V., Hernández-Sánchez, S., Juan-Recio, C., & Elvira, J. (2015b). Core stability: evaluación y criterios para su entrenamiento. *Revista Andaluza de Medicina del Deporte*, 8(3), 130-137. <https://doi.org/10.1016/j.ramd.2014.02.005>
- Zazulak, B. T., Hewett, T. E., Reeves, N. P., Goldberg, B., & Cholewicki, J. (2007). The Effects of Core Proprioception on Knee Injury. *The American Journal of Sports Medicine*, 35(3), 368-373. <https://doi.org/10.1177/0363546506297909>