

Evaluación de la intensidad de  
ejercicios de estabilización de tronco  
estáticos y dinámicos a través de  
acelerometría integrada en *Smartphone*



Alumna: María Florencia Salcedo

Tutora: Amaya Prat Luri

Curso: 2021-2022

Titulación: Grado en Ciencias de la Actividad Física y el Deporte

Universidad Miguel Hernández

## Índice

Introducción.....	3
Método.....	4
<i>Participantes</i> .....	4
<i>Procedimiento experimental</i> .....	4
Hipótesis.....	9
Bibliografía .....	9



## Introducción

El concepto de *core* refiere especialmente a la musculatura de la zona central del cuerpo, donde se distinguen diferentes grupos musculares como los flexores, extensores, inclinadores, y rotadores del tronco. De esta manera, esta musculatura juega un papel importante para la protección de las estructuras pasivas del raquis (Akuthota et al., 2008). Entre las diferentes capacidades físicas, la estabilidad del *core* es un aspecto fundamental para proteger estas estructuras, donde se ha observado que un pobre control del tronco puede estar relacionado con un mayor riesgo de lesión, o el desarrollo de condiciones como el dolor lumbar (Zazulak et al., 2007). Asimismo, en el ámbito deportivo se ha relacionado un buen rendimiento de diferentes capacidades del *core* (e.g., resistencia, estabilidad, fuerza...) con un mayor rendimiento deportivo, así como con un menor riesgo de lesión (Lee & McGill, 2017; Okada et al., 2011). Este aspecto se ha relacionado entre otros, por factores como una mayor estabilidad de las estructuras centrales del cuerpo para realizar movimientos distales en acciones como cambios de dirección, saltos, etc (Lee & McGill, 2017). Por ello, los ejercicios de estabilización del *core* (conocidos comúnmente como ejercicios de *core stability*), son ampliamente utilizados en los programas de entrenamiento, ya sea con el fin de mejorar el rendimiento deportivo, la prevención de lesiones, o para la prevención y/o rehabilitación de diferentes patologías (e.g., ictus, esclerosis múltiple, dolor lumbar...) (Akuthota et al., 2008).

Para conocer el impacto que tienen este tipo de programas en el rendimiento del *core*, podemos evaluar esta musculatura de múltiples maneras, ya sea mediante test de laboratorio o test de campo (Barbado et al., 2017). Con respecto a los test de laboratorio, el paradigma del asiento inestable y la respuesta ante perturbaciones son dos test que permiten evaluar la estabilidad del tronco (Barbado et al., 2017). Por otro lado, la dinamometría isocinética permite medir variables de fuerza y resistencia de la musculatura flexora y extensora del tronco (Zouita Ben Moussa et al., 2020). Sin embargo, estos métodos son costosos y no están al alcance de todos los usuarios (Barbado et al., 2017). Una alternativa a estas pruebas de laboratorio son los test de campo, que evalúan principalmente capacidades que influyen sobre la estabilidad de tronco (e.g., fuerza o de resistencia), pero que no son medidas de estabilidad de tronco como tal (Vera-García et al., 2015). Entre este tipo de pruebas de campo destacan algunas como el Biering Sorensen Test, el Side Bridge Test, o el Ito Test (Juan-Recio et al., 2014).

Recientemente se ha empleado la acelerometría integrada en *Smartphone* para medir la intensidad de los ejercicios de estabilidad de tronco a través de las oscilaciones que genera la persona en la zona lumbo-pélvica durante los propios ejercicios (Barbado et al., 2018). Tradicionalmente, la intensidad de estos ejercicios se ha modula en base a criterios mecánicos como variaciones en el número de apoyos, la base de sustentación, los brazos de palanca o el uso de superficies inestables (Vera-García et al., 2020), donde su progresión se realiza en base a la percepción subjetiva del entrenador (Barbado et al., 2018). El uso de herramientas como la acelerometría integrada en *Smartphone* permite la valoración de la intensidad de estos ejercicios a través de una herramienta objetiva y de bajo coste que puede ser utilizada en el ámbito clínico (Barbado et al., 2018). Aunque los ejercicios de estabilidad del tronco se han realizado tradicionalmente en el suelo, también se ha planteado el paso a otras posiciones (e.g., sedestación, bipedestación...)(Ekstrom et al., 2007), buscando el entrenamiento de dicha musculatura en posiciones más ecológicas para que tengan una mayor transferencia a las actividades de interés de cada persona (Ekstrom et al., 2007). Si bien estudios previos han

cuantificado la intensidad a través de plataformas de fuerzas y de acelerometría de algunos de los ejercicios de estabilidad del tronco más comunes realizados en el suelo (Barbado et al., 2018), se desconoce la intensidad que este tipo de ejercicios puede tener en otras posiciones como sedestación o bipedestación. De igual manera, estos ejercicios suelen realizarse de manera isométrica sin movimiento de segmentos (i.e., desplazamiento de miembros superiores o inferiores). No obstante, no hay literatura que haya analizado si el realizar movimiento de estos segmentos corporales mientras se mantiene en una posición isométrica la región del tronco supone una mayor intensidad del ejercicio para la persona, o es similar a cuando no hay movimiento.

Por ello, en el presente trabajo final de grado se realizó una propuesta de progresión de ejercicios de estabilización del *core* para los diferentes grupos musculares del tronco (flexores, extensores, inclinadores) realizados en posiciones de tendido supino y prono, sedestación, y bipedestación. Asimismo, se realizó una progresión de los ejercicios de estabilización estáticos, y otra progresión de ejercicios dinámicos, donde el tronco mantuviera una posición estática pero con movimiento de segmentos (i.e., miembros superiores). En este sentido, el objetivo de esta propuesta será analizar los valores de oscilación lumbo-pélvica de ambas progresiones (i.e., variantes estáticas y dinámicas) con objeto de comparar cuál de las dos situaciones supone una mayor intensidad para los participantes, teniendo en cuenta la posición del ejercicio (i.e., tendido supino y prono, sedestación, y bipedestación), y los grupos musculares analizados.

## Método

### Participantes

En el estudio participarán estudiantes de diferentes grados de la Universidad Miguel Hernández, los cuales no podrán padecer ninguna enfermedad que impida la práctica de actividad física (enfermedades cardiorrespiratorias, hipertensión, lesiones musculoesqueléticas, etc.). Además, se buscarán personas físicamente activas, es decir, que realicen de 2 a 5 sesiones por semana de 30 a 120 minutos a intensidad moderada y/o vigorosa de ejercicio físico (Heredia-Elvar et al., 2021). Previo al comienzo del estudio, los participantes firmarán un consentimiento informado aprobado por el comité de ética de la Universidad (TFG.GAF.APL.MFS.220225) de acuerdo con la declaración de Helsinki.

### Procedimiento experimental

El estudio tendrá lugar en el laboratorio de biomecánica y salud del Centro de Investigación del Deporte en la Universidad Miguel Hernández. Los participantes acudirán a una sesión de evaluación que tendrá una duración aproximada de 60 minutos por persona, donde realizarán 54 ejercicios de estabilización de tronco, 27 en condiciones estáticas y 27 en condiciones dinámicas (i.e., desplazamiento de los brazos mientras el tronco mantiene una posición estática). Los ejercicios tendrán una duración de 15 segundos y se descansará 30 s tras el esfuerzo, siendo una ratio de trabajo-descanso 1:2. Para llevar a cabo la intervención serán necesarios distintos tipos de materiales e instrumentos: (i) colchonetas para realizar los ejercicios de estabilización de tronco en el suelo; (ii) goniómetros para medir los ángulos articulares durante la ejecución de los ejercicios; (iii) un taburete y *fitball* (diámetro: 45 cm; Amaya Sport, Spain) para los ejercicios en sedestación, un *bosu* (54 × 24 cm; Medusa T1, Elksport R, Spain) y una polea para la ejecución de varios ejercicios en suelo, sedestación y

bipedestación; (iv) metrónomos para marcar el ritmo de movimiento en los ejercicios dinámicos.

En primer lugar, los participantes rellenarán un formulario con sus datos personales y se registrarán sus características antropométricas (i.e., altura y peso). Posteriormente, realizarán un calentamiento previo a la sesión de ejercicio con una duración de 5 minutos donde se realizarán los siguientes ejercicios: encorvamientos frontales y oblicuos del tronco, retracción y protracción escapular, retroversión y anteversión de la pelvis, el *cat-camel*, el ejercicio del escalador y el *bird-dog*. Una vez finalizado el calentamiento se colocará el cinturón en la zona lumbo-pélvica como se observa en la Figura 1. Para el registro de la aceleración de la aceleración durante los ejercicios se utilizará la aplicación móvil 'Core Maker'.

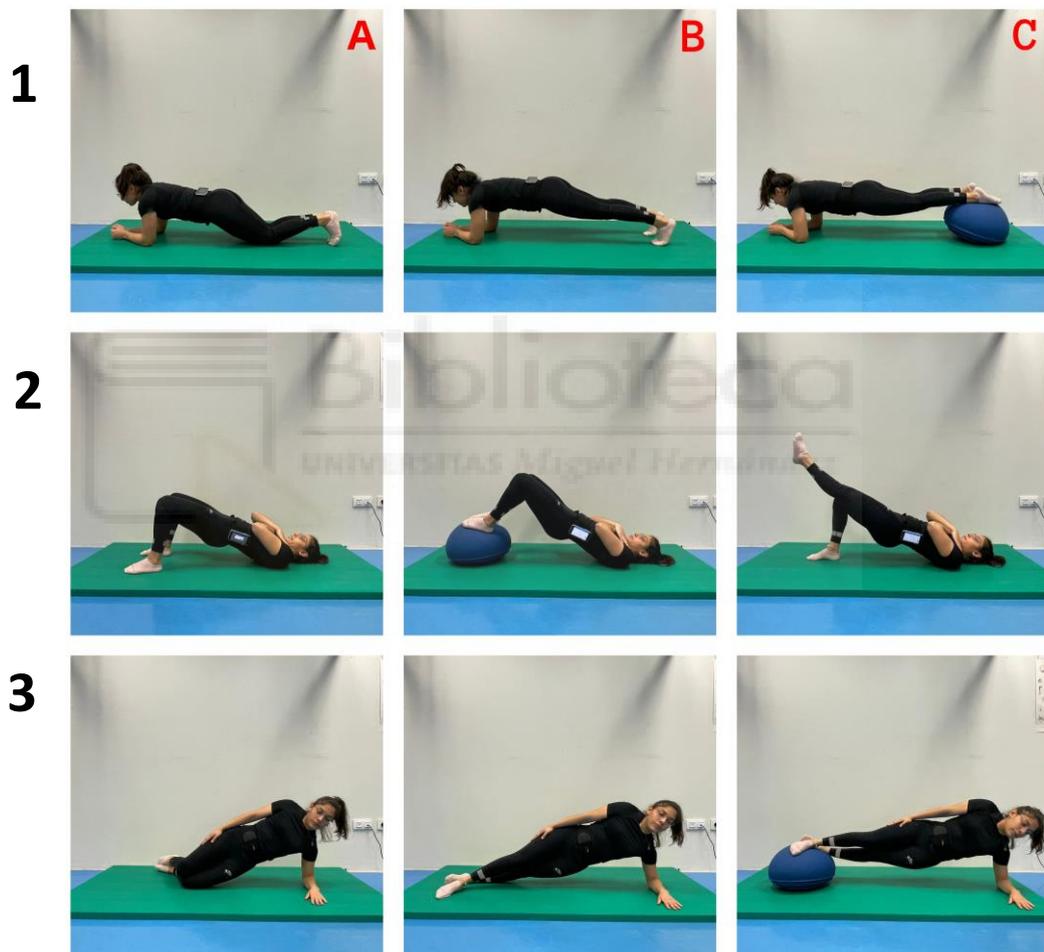


Figura 1. Colocación del Smartphone

Los ejercicios seguirán el mismo orden para todos los participantes. En primer lugar, se realizarán los ejercicios de estabilización del tronco estáticos y en segundo lugar los dinámicos. Ambos tipos seguirán la misma estructura: primero los ejercicios en suelo (posiciones tendido prono o supino, según el ejercicio), después los de sedestación, y en último lugar los de bipedestación. De igual manera la secuencia de los grupos musculares también seguirá el mismo orden, siendo primero los ejercicios focalizados en los flexores del tronco, seguido por los extensores e inclinadores. Algunos de estos ejercicios se realizarán con un peso determinado, el cual se estandarizará en función del peso de los participantes, donde se establecerán franjas de peso calculadas en base al 5% (Figura 3: 1C, 2B, 2C, 3A, 3B, 3C tanto estáticos como dinámicos, y 1B sólo dinámico; Figura 4: 1A, 1B, 1C, 2A, 2B, 2C y 3C tantos estáticos como dinámicos), el 10% (Figura 4: 3A en las variantes estáticas y en aquellas que incorporan movimiento) y 15% (Figura 4: 3B, tanto aquellos ejercicios realizados de manera estática como dinámica) del peso corporal. Tras el calentamiento se realizarán todas las variantes de los ejercicios estáticos en las posiciones de tendido prono o supino (i.e., suelo), sedestación y bipedestación, y posteriormente se realizarán las mismas variantes, pero en condiciones dinámicas, todas siguiendo el ritmo del metrónomo a 50 *beats* por minuto.

Los ejercicios realizados en el suelo comenzarán por tres variantes del puente frontal focalizados en la musculatura flexora del tronco (Figura 2: 1A, 1B y 1C). Para su correcta ejecución, las rodillas estarán separadas a la anchura de las caderas y los brazos a la anchura de los hombros, los codos y los hombros estarán alineados manteniendo la columna en posición neutra. En segundo lugar, para focalizar en la musculatura extensora del tronco realizarán tres variantes del puente dorsal (Figura 2: 2A, 2B y 2C), donde harán una extensión de caderas hasta que se encuentren alineadas con el tronco.

Los pies estarán separados a la anchura de la cadera y los brazos se colocarán cruzados en el pecho. Por último, se realizarán las variantes del puente lateral, para focalizar en la musculatura inclinadora del tronco (Figura 2: 3A, 3B, y 3C), donde pelvis y tronco estarán alineados manteniendo el hombro perpendicular al codo. Con respecto a las variantes dinámicas, en todas ellas se realizarán movimientos de los segmentos superiores. En el caso de los ejercicios centrados en la musculatura flexora (Figura 2, variantes 1A, 1B, 1C), se deslizarán los antebrazos realizando abducciones y aducciones de hombros de manera alterna siguiendo el ritmo del metrónomo. Respecto a las variantes centradas en los extensores (Figura 2, variantes 2A, 2B y 2C), se realizarán flexiones y extensiones de hombro con los codos extendidos y sin llegar a tocar la colchoneta. Por último, para las variantes centradas en los inclinadores se realizarán flexiones y extensiones de hombro desde las caderas hasta la altura de los hombros sin llegar a sobrepasarlo, manteniendo los codos extendidos.



**Figura 2.** Ejercicios de estabilización de tronco en suelo.

En cuanto a los ejercicios en posición de sedestación primero se realizarán 3 variantes que implicaban principalmente a la musculatura flexora del tronco (Figura 3: 1A, 1B, 3C). Para su correcta ejecución los participantes se sentarán con las piernas separadas a la anchura de las caderas, con una flexión de rodillas de 90° y a partir de esta posición inclinarán el tronco 45° medidos con un goniómetro. Para aquellos ejercicios centrados los extensores de tronco (Figura 3: 2A, 2B, 2C), en la primera variante (Figura 2: 2A) se usará un *fitball*. En las variantes 2 y 3 (Figura 3: 2C y 2C) se

separarán las piernas a la anchura de las caderas, se flexionarán los hombros y extenderán los codos, y se inclinará el tronco hacia delante 60°. Por último, para las variantes centradas en los inclinadores los participantes se colocarán de lado a una polea y realizarán flexiones y extensiones de codo manteniendo una flexión de hombro de 90° desde la posición de sedestación (Figura 3: 3A, 3B, 3C). Para ejecutarlo correctamente tendrán las piernas separadas a la anchura de las caderas y los complejos articulares hombro-codo-muñeca alineados. Con respecto a las variantes dinámicas, se realizarán movimientos de los segmentos superiores. En el caso de los ejercicios centrados en la musculatura flexora del tronco (figura 3, variantes 1A, 1B y 1C), en la variante 1A se realizarán flexiones y extensiones de hombro con los codos extendidos siguiendo el ritmo del metrónomo a 50 *beats*/min. Para la variante 1B se utilizará un 5% de peso corporal, donde la carga se distribuirá en ambas manos, siendo 2,5% de peso corporal en cada mano. Por último, la variante 1C también se realizará con un 5% de carga del peso corporal, pero moviendo el peso de manera conjunta con ambas manos a través de un balón medicinal. En las variantes 1B y 1C también realizarán flexiones y extensiones de hombros con los brazos extendidos al ritmo marcado por el metrónomo a 50 *beats*/mins.



**Figura 3.** Ejercicios de estabilización de tronco en sedestación.

En último lugar se realizarán aquellos ejercicios en bipedestación (Figura 4). Para llevar a cabo aquellos ejercicios centrados en la musculatura flexora del tronco los sujetos se colocarán frente a una polea, se colocará un pie delante del otro (situando

delante el pie con el que los participantes se sintieran más cómodos, es decir, un paso de diferencia entre uno y otro), e inclinarán el tronco aproximadamente 20° hacia atrás (Figura 4: 1A, 1B, 1C). Los ejercicios de la musculatura extensora de tronco consistirán en flexiones y extensiones de tronco y cadera partiendo de una posición inicial de 60° de flexión de tronco (Figura 4: 2A, 2B, 2C). Para finalizar, se llevarán a cabo las variantes centradas en los inclinadores del tronco (Figura 4: 3A, 3B, 3C), donde los participantes se colocarán de lado a la polea, con los pies separados a la altura de las caderas, con los complejos articulares de hombro-codo-muñeca alineados a nivel del hombro, manteniendo los codos extendidos. Con respecto a las variantes dinámicas, se realizarán movimientos de los segmentos superiores. En cuanto a las variantes focalizadas en los flexores (figura 4, variantes 1A, 1B, 1C), en la variante 1A los participantes realizarán flexiones y extensiones de codo llevando la polea al pecho. En las variantes 1B y 1C, los participantes realizaron flexiones y extensiones de hombro con los codos extendidos. Para las variantes focalizadas en los extensores del tronco (Figura 4, variantes 2A, 2B, 2C), los participantes realizarán flexiones y extensiones de hombro con los codos extendidos en el rango de movimiento que permita el ritmo marcado por el metrónomo. En última instancia, para las variantes focalizadas en los inclinadores (Figura 4, variantes 3A, 3B y 3C) realizarán flexiones y extensiones de codo.



**Figura 4.** Ejercicios de estabilización de tronco en bipedestación.

## Hipótesis

El presente estudio pretende analizar los valores de oscilación lumbo-pélvica de las distintas progresiones establecidas en posiciones de tendido supino y prono, sedestación y bipedestación de diferentes grupos musculares del tronco (flexores, extensores e inclinadores) en situaciones estáticas y dinámicas. Las distintas progresiones planteadas se basaron en criterios biomecánicos, como variaciones en el número de apoyos, en los brazos de palanca o el uso de superficies inestables (Vera-García et al., 2020). La hipótesis del trabajo se basa en que se observarán mayores valores de oscilación en aquellas variantes dinámicas, ya que debido al movimiento de los brazos las perturbaciones puede que sean mayores con respecto a hacer las variantes estáticas. Por otro lado, otro objetivo reside en el análisis de las oscilaciones en diferentes posiciones, para observar si existe una mayor oscilación en las variantes realizadas en posiciones más tradicionales para el trabajo de estabilidad del tronco (i.e., suelo), o en aquellas variantes en posiciones más ecológicas como sedestación o bipedestación. En este sentido, es probable que aquellos ejercicios realizados en estas posiciones mencionadas anteriormente requieran una mayor participación de otros grupos musculares (Ekstrom et al., 2007), reportando menores valores de oscilación lumbo-pélvica, donde en esa estabilización participen más otros músculos musculares y no tanto aquellos que conforman la musculatura del tronco. En conclusión, las hipótesis del presente trabajo final de grado refieren a una observación de mayores valores de oscilación en los ejercicios de estabilización dinámicos en comparación con los ejercicios estáticos. Asimismo, los valores de oscilación lumbo-pélvica que se pretenden encontrar serán mayores en aquellas variantes que se centran de manera más específica en la musculatura de tronco (i.e., suelo) que en aquellas posiciones más ecológicas donde sea mayor la participación de otros grupos musculares (i.e., sedestación y bipedestación).

## Bibliografía

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>

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). <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0208262>

Barbado, D., Moreside, J., & Vera-García, F.J. (2017). Reliability and Repetition Effect of the Center of Pressure and Kinematics Parameters That Characterize Trunk Postural Control During Unstable Sitting Test. *PM and R*, 9(3), 219–230. <https://doi.org/10.1016/j.pmrj.2016.08.029>

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

Heredia-Elvar, J.R., Juan-Recio, C., Prat-Luri, A., Barbado, D., & Vera-García, 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>

Juan-Recio, C., Barbado Murillo, D., López-Valenciano, A., & Vera-García, F.J.

(2014). Test de campo para valorar la resistencia de los músculos del tronco. *Apunts Educació Física i Esports*, 117, 59–68. [https://doi.org/10.5672/apunts.2014-0983.es.\(2014/3\).117.06](https://doi.org/10.5672/apunts.2014-0983.es.(2014/3).117.06)

Lee, B., & McGill, S. (2017). 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>

Okada, T., Huxel, K.C., & Nesser, T.W. (2011). Relationship between core stability, functional movement, and performance. *Journal of strength and conditioning research*, 25(1), 252–261. <https://doi.org/10.1519/JSC.0b013e3181b22b3e>

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), 130–137. <https://doi.org/10.1016/J.RAMD.2014.02.005>

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*. <https://doi.org/10.1007/s00421-020-04313-9>

Zazulak, B.T., Hewett, T. E., Reeves, N.P., Goldberg, B., & Cholewicki, J. (2007). Deficits in neuromuscular control of the trunk predict knee injury risk: A prospective biomechanical-epidemiologic study. *American Journal of Sports Medicine*, 35(7), 1123–1130. <https://doi.org/10.1177/0363546507301585>

