



**Centro de
Investigación del
Deporte**

UNIVERSITAS Miguel Hernández

**EFFECTO DE LA INCERTIDUMBRE SOBRE LA ESTABILIDAD DURANTE
EJERCICIOS DE PLANCHA.**

Trabajo Fin de Máster

Estudiante: Ana Genís Ros

Tutor académico: Rafael Sabido Solana

Máster Universitario en Rendimiento Deportivo y Salud.

Curso académico: 2024-2025

Universidad Miguel Hernández (Elche)

ÍNDICE

1. INTRODUCCIÓN	3
1.1. Importancia del core: salud y rendimiento	3
1.2. Metodología del entrenamiento del core.....	3
1.3. Incertidumbre y control motor	4
1.4. Incertidumbre y activación del core.....	4
1.5. Objetivo del estudio	5
2. METODOLOGÍA.....	5
2.1 Participantes-Muestra	5
2.2 Medida e instrumentos.....	5
2.3 Procedimiento	6
Preparación	6
Calentamiento y familiarización	6
Ejecución del protocolo experimental	6
2.4 Análisis estadístico.....	7
3. REFERENCIAS	8
4. ANEXOS.....	¡Error! Marcador no definido.



1. INTRODUCCIÓN

1.1. Importancia del core: salud y rendimiento

El core hace referencia al conjunto de estructuras musculares y articulares que proporcionan estabilidad a la región lumbopélvica, incluyendo musculatura abdominal, paravertebral, glútea, diafragmática y del suelo pélvico (Vera-García et al., 2015). Su función principal es garantizar el control postural y la transmisión eficiente de fuerzas entre el tren superior e inferior, contribuyendo a la prevención de lesiones y al rendimiento deportivo (Butragueño Revenga et al., 2020; Saeterbakken et al., 2022).

Un déficit en el control del core puede favorecer disfunciones mecánicas, como el dolor lumbar, y limitar el rendimiento en tareas físicas exigentes. Por ello, evaluar y entrenar la activación del core se ha convertido en un objetivo prioritario tanto en contextos clínicos como deportivos (Prat-Luri et al., 2023; Mueller & Niederer, 2020).

1.2. Metodología del entrenamiento del core

Los ejercicios de estabilización, como las planchas, han demostrado ser eficaces para mejorar la resistencia y el control neuromuscular del core (Heredia-Elvar et al., 2024). Estos ejercicios permiten una activación simultánea de los músculos profundos y superficiales del tronco, especialmente si se realizan con variaciones progresivas que aumentan la demanda de estabilidad, como la modificación de apoyos, introducción de inestabilidad o estímulos externos inesperados (Vera-García et al., 2014; Barbado et al., 2018).

La progresión adecuada del estímulo es clave para generar adaptaciones significativas en el sistema de control motor. Además, incorporar indicadores objetivos como la actividad electromiográfica (%MVC) permite cuantificar el nivel de exigencia muscular y ajustar la carga de trabajo de forma individualizada (Heredia-Elvar et al., 2021).

1.3. Incertidumbre y control motor

En condiciones reales de movimiento, el sistema nervioso debe ser capaz de generar ajustes anticipatorios y compensatorios ante perturbaciones externas. Estos mecanismos, conocidos como anticipatory postural adjustments (APAs), permiten mantener la estabilidad del tronco antes de ejecutar una acción voluntaria (Xie & Wang, 2018). No obstante, cuando el sujeto no conoce de antemano qué extremidad debe mover, o cuándo debe hacerlo, se genera un estado de incertidumbre que puede comprometer la anticipación y alterar el patrón de activación muscular (Marras et al., 1986; Van Dieën & de Looze, 1999).

Estudios previos han observado que la incertidumbre aumenta la coactivación y simetría de la musculatura del tronco, posiblemente como una estrategia protectora ante la falta de previsibilidad del entorno (Meyers & Keir, 2003; Lee et al., 2012). Este fenómeno puede tener implicaciones tanto positivas (mayor rigidez y estabilidad) como negativas (mayor coste energético o fatiga prematura), especialmente en tareas que exigen precisión y eficiencia.

1.4. Incertidumbre y activación del core As Miguel Hernández

Pese a la creciente evidencia sobre los efectos de la incertidumbre en el control postural, gran parte de las investigaciones se ha centrado en tareas dinámicas como el levantamiento de cargas o los giros durante la marcha. En cambio, resulta interesante seguir explorando cómo se manifiestan estos efectos en ejercicios isométricos específicos del core, como la plancha, en los que la anticipación depende de señales externas inesperadas.

Comprender cómo responde el core en situaciones impredecibles puede aportar información relevante para el diseño de programas de entrenamiento más transferibles a contextos funcionales y deportivos, así como para la prevención de lesiones en personas con déficits de control motor.

1.5. Objetivo del estudio

El objetivo principal de este estudio es analizar el efecto de la incertidumbre en la estabilidad del core durante ejercicios de plancha. Para ello, se compararán las oscilaciones del tronco condiciones sin incertidumbre y con incertidumbre mediante acelerometría. Se espera que la condición con incertidumbre implique unos mayores ajustes reflejados en mayor cantidad de aceleración y de variabilidad de dicha aceleración.

2. METODOLOGÍA

2.1 Participantes-Muestra

Participaron en el estudio ocho hombres físicamente activos, con edades comprendidas entre 25 y 35 años. Como criterios de inclusión se consideró tener experiencia previa en entrenamiento, así como la capacidad de mantener una plancha técnicamente correcta durante períodos prolongados. Todos los sujetos firmaron el consentimiento informado antes de comenzar el protocolo.

El estudio fue aprobado por el Comité de Ética de la Universidad Miguel Hernández y se llevó a cabo en la sala de registro del Centro de Investigación del Deporte (CID).

2.2 Medida e instrumentos

Para el registro del movimiento, se utilizaron un total de dos canales del sistema Noraxon que se utilizaron para recoger datos de acelerometría mediante sensores adheridos en el dorso de ambas manos. Además, se empleó una unidad de medición inercial (IMU) independiente de la marca WitMotion, situada en la región lumbar, con el fin de monitorizar el movimiento del tronco. Este sensor permitió identificar el inicio y fin de cada repetición, así como analizar la estabilidad de la cadera durante la ejecución del ejercicio.

Para generar los estímulos durante el protocolo experimental, se utilizó una aplicación desarrollada específicamente para este estudio por el grupo de investigación de Aprendizaje y Control Motor. Esta herramienta generaba señales visuales (flechas) y acústicas, configurables en cuanto a duración de la

serie, intervalo entre señales, y condiciones de presentación. Las señales podían emitirse bajo condición sin incertidumbre (orden previsible) o con incertidumbre (orden impredecible).

2.3 Procedimiento

Preparación

Se tomaron dos medidas antropométricas previas: la longitud del brazo (desde el acromion hasta la prominencia de la muñeca), utilizada para establecer la distancia del objetivo a alcanzar, y la distancia biacromial, empleada para estandarizar la separación de los codos durante la posición de plancha. Se colocaron los sensores de acelerometría en el dorso de ambas manos y el IMU en la región lumbar.

Calentamiento y familiarización

Se realizó un calentamiento general compuesto por:

- Una plancha frontal de 30 segundos.
- Una plancha lateral por lado, de 30 segundos cada una.

Tras la activación inicial, se explicó la técnica correcta para la posición de plancha: antepulsión de hombros, retroversión pélvica leve, pies juntos, codos alineados según marcas predefinidas, y manos juntas. Una vez comprendida la técnica, los participantes realizaron repeticiones de práctica del movimiento requerido, lo que les permitió interiorizar el gesto y familiarizarse con la tarea, contribuyendo al calentamiento previo.

Ejecución del protocolo experimental

El protocolo experimental consistió en la realización de tres series de 30 segundos en posición de plancha, con una indicación visual cada 3 segundos (10 repeticiones por serie):

- 1 serie con condición sin incertidumbre: las indicaciones eran secuenciales, conocidas por el participante antes de comenzar.

- 2 series con condición con incertidumbre: las indicaciones eran aleatorias y se presentaban en tiempo real a través de la aplicación.

En cada repetición, el participante debía extender el brazo indicado hasta alcanzar una marca situada a la distancia previamente medida, y volver a la posición inicial de plancha intentando mantener una postura estable. Entre series, los participantes descansaban en cuadrupedia o incorporados para minimizar la fatiga.

2.4 Análisis estadístico

El análisis estadístico se realizó utilizando el software JASP (versión 0.18.2). En primer lugar, se evaluó la normalidad de los datos correspondientes a la aceleración obtenida durante los 30 segundos de cada serie. Para ello, se aplicó la prueba de Shapiro-Wilk, con el objetivo de verificar la distribución normal de los datos.

Una vez evaluada la normalidad, se llevó a cabo una prueba t de muestras relacionadas para comparar los valores de aceleración entre las dos condiciones experimentales: sin incertidumbre y con incertidumbre. En caso de que no se cumpliera el supuesto de normalidad, se aplicaría el test no paramétrico de Wilcoxon como alternativa.

Adicionalmente, se calculó el tamaño del efecto mediante la d de Cohen, considerando como referencia los valores convencionales: efecto pequeño (< 0.2), moderado ($0.2-0.8$) y grande (> 0.8). En todos los análisis se adoptó un nivel de significación estadística de $p < 0.05$.

3. REFERENCIAS

Barbado, D., Moreside, J. M., Barbado, L., & Vera-Garcia, F. J. (2018). Smartphone accelerometry: A valid and reliable tool for the assessment of core exercise intensity. *PLOS ONE*, 13(12), e0209983. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0209983>

Butragueño Revenga, J., López Chicharro, J., & Muñoz Gomariz, E. (2020). Capítulo 7. Dolor lumbar: aspectos biomecánicos y funcionales. En *Entrenamiento de fuerza para la salud y el rendimiento deportivo*. Madrid: Panamericana.

Heredia-Elvar, J. R., Barbado, D., & Vera-García, F. J. (2021). Guidelines and thresholds for progression and classification of core stability exercises based on muscle activation and kinematics. *Frontiers in Physiology*, 12, 696189. <https://doi.org/10.3389/fphys.2021.696189>

Heredia-Elvar, J. R., Barbado, D., & Vera-García, F. J. (2024). Exercise intensity, progressions, and criteria for core stability programs: A practical decision-making model. *Journal of Strength and Conditioning Research*, 38(3), 577–586. <https://doi.org/10.1519/JSC.0000000000004402>

Lee, C. M., Freivalds, A., & Lee, Y. H. (2012). Trunk responses to unexpected sideward perturbations during walking. *Human Movement Science*, 31(4), 787–798. <https://doi.org/10.1016/j.humov.2011.07.014>

Marras, W. S., Lavender, S. A., & Rangarajulu, S. L. (1986). The effects of expectation on trunk loading. *Proceedings of the Human Factors Society Annual Meeting*, 30(1), 91–95. <https://doi.org/10.1177/154193128603000123>

Meyers, A. R., & Keir, P. J. (2003). Lifting unbalanced and unknown loads: The effect on trunk muscle activity and stability. *Clinical Biomechanics*, 18(7), 531–539. [https://doi.org/10.1016/S0268-0033\(03\)00080-1](https://doi.org/10.1016/S0268-0033(03)00080-1)

Mueller, J., & Niederer, D. (2020). Dose–response relationships of core-specific training for improvements in trunk muscle strength in older adults: A meta-analysis. *European Review of Aging and Physical Activity*, 17, 7. <https://doi.org/10.1186/s11556-020-00238-2>

Prat-Luri, A., López-Bueno, R., & Casaña, J. (2023). Efficacy of trunk exercise programs in patients with low back pain: A meta-analysis. *Journal of Bodywork and Movement Therapies*, 32, 88–96. <https://doi.org/10.1016/j.jbmt.2022.11.001>

Saeterbakken, A. H., van den Tillaar, R., & Andersen, V. (2022). The effects of trunk muscle training on physical fitness and sport-specific performance in athletes: A systematic review. *Sports Medicine*, 52(1), 171–194. <https://doi.org/10.1007/s40279-021-01548-3>

Van Dieën, J. H., & de Looze, M. P. (1999). Directionality of anticipatory activation of trunk muscles in a lifting task depends on load knowledge. *Experimental Brain Research*, 128(3), 397–404. <https://doi.org/10.1007/s002210050856>

Vera-García, F. J., Barbado, D., & Heredia-Elvar, J. R. (2014). Ejercicios de estabilización del tronco: Fundamentos biomecánicos y aplicaciones prácticas. *Revista de Biomecánica Clínica del Deporte y la Higiene Postural*, 2(1), 5–15.

Vera-García, F. J., Barbado, D., & Heredia-Elvar, J. R. (2015). Core stability: Valoración y entrenamiento. *Revista Andaluza de Medicina del Deporte*, 8(2), 67–74. <https://doi.org/10.1016/j.ramd.2014.11.001>

Xie, L., & Wang, J. (2018). Anticipatory and compensatory postural adjustments in response to loading perturbation of unknown magnitude. *Experimental Brain Research*, 236(12), 3357–3368. <https://doi.org/10.1007/s00221-018-5397-x>