



**UNIVERSITAS**  
*Miguel Hernández*

# VALORACIÓN DE LA FUERZA ISOMÉTRICA MÁXIMA DE LA MUSCULATURA DEL TRONCO MEDIANTE EL USO DE DINAMOMETRÍA MANUAL

TRABAJO DE FIN DE MÁSTER EN RENDIMIENTO DEPORTIVO Y SALUD



centro de  
investigación del  
deporte

*Universidad Miguel Hernández de Elche*

|                 |  |
|-----------------|--|
| Autor           | Goyes Montesdeoca, Julio Cesar                     |
| Tutores         | Barbado Murillo, David y Vera García, Francisco J. |
| Co – tutora     | Prat Luri, Amaya                                   |
| Curso Académico | 2018 - 2019  |

# ÍNDICE

|   |    |
|---|----|
| <b>RESUMEN</b> .....  | 3  |
| <b>INTRODUCCIÓN</b> .....   | 5  |
| <b>MATERIAL Y MÉTODO</b> .....  | 7  |
| <b>1. Participantes y diseño del estudio</b> .....                        | 7  |
| <i>1.1. Participantes</i> .....   | 7  |
| <i>1.2. Diseño del estudio</i> .....                                      | 7  |
| <i>1.2.1 Test isométricos realizados en dinamómetro isocinético</i> ..... | 8  |
| <i>1.2.2 Test isométricos realizados con dinamometría manual</i> .....    | 9  |
| <b>2. Análisis estadístico</b> .....                                      | 10 |
| <b>REFERENCIAS</b> .....  | 11 |





*Esta vez mi dedicatoria es a vos*

*Jodie Michele Bayas Torres*

*Gracias por compartir esta hermosa aventura llamada vida*

## RESUMEN

**INTRODUCCIÓN.** Se han desarrollado diversos métodos de evaluación de la condición física de la musculatura del tronco, donde el “gold estándar” para la medición de la fuerza desarrollada en condiciones isométricas es el dinamómetro isocinético. Por su alto coste se ha intentado buscar una herramienta alternativa que permita evaluar de forma fiable esta musculatura. En este sentido, el dinamómetro manual podría ser un medio adecuado para analizar la condición del tronco tanto en entornos clínicos como deportivos, pero es necesario desarrollar protocolos válidos y fiables basados en el uso de este material. El objetivo del presente trabajo fue evaluar la fiabilidad y la validez de test de fuerza isométrica máxima de flexión y extensión del tronco realizados con un dinamómetro manual en mujeres jóvenes.

**MÉTODO.** El presente estudio involucró a 10 mujeres físicamente activas. La valoración de la fuerza de la musculatura del tronco se realizó en isométrico mediante el empleo de un dinamómetro manual Lafayette Manual Muscle Tester (modelo 01165, USA) y mediante la utilización de un dinamómetro isocinético Biodex (Modelo 2000, Sistema 4 Pro; Biodex Corporation, Shirley, NY, EE.UU.). Para los test con dinamómetro manual se utilizó una camilla con respaldo reclinable que permitió medir la fuerza en dos posiciones diferentes para la valoración de la fuerza de los flexores y de los extensores del tronco. El dinamómetro se colocó en el pecho (fuerza flexora) y en la parte media de las escapulas (fuerza extensora) con la ayuda de cinchas para poder ajustar la posición de este. Asimismo, se colocaron cinchas en muslos y piernas para fijar la posición de las participantes. Tanto los test realizados con el dinamómetro manual, como los realizados con el dinamómetro isocinético fueron realizados dos veces para estudiar la fiabilidad absoluta y relativa test-retest. Además, los datos obtenidos en los test realizados en el dinamómetro isocinético fueron utilizados como “gold estándar” para analizar la validez de los test realizados con el dinamómetro manual (análisis correlacional).

**PALABRAS CLAVE.** Dinamometría, condición física, test de campo, core.

## **ABSTRACT**

**INTRODUCTION.** Various methods of assessing the physical condition of the trunk musculature have been developed, where the "gold standard" for the measurement of force developed in isometric conditions is the isokinetic dynamometer. Due to its high cost, an attempt has been made to find an alternative tool to reliably evaluate this musculature. In this sense, the manual dynamometer could be an adequate means to analyze the condition of the trunk in both clinical and sports environments, but it is necessary to develop valid and reliable protocols based on the use of this material. The objective of the present work was to evaluate the reliability and validity of maximal isometric strength test of trunk flexion and extension performed with a manual dynamometer in young women.

**METHOD.** The present study involved 10 physically active women. The valuation of the strength of the trunk musculature was performed in isometric by using a Lafayette Manual Muscle Tester dynamometer (model 01165, USA) and by using an isokinetic dynamometer Biodex (Model 2000, System 4 Pro, Biodex Corporation, Shirley, NY, USA). For the manual dynamometer tests, a stretcher with reclining backrest was used to measure the strength in two different positions for assessing the strength of the flexors and trunk extenders. The dynamometer was placed in the chest (flexor force) and in the middle of the scapulae (extension force) with the help of straps to adjust the position of this. Also, straps were placed on thighs and legs to fix the position of the participants. Both the tests performed with the manual dynamometer and those performed with the isokinetic dynamometer were performed twice to study absolute and relative test-retest reliability. In addition, the data obtained in the tests performed on the isokinetic dynamometer were used as "gold standard" to analyze the validity of the tests performed with the manual dynamometer (correlational analysis).

**KEYWORDS.** Dynamometry, physical condition, field test, core.

## **INTRODUCCIÓN**

Hoy en día, se han desarrollado equipos dinamométricos que permiten realizar una evaluación detallada de la fuerza del tronco. Estas herramientas ayudan a realizar análisis detallados, precisos y específicos vinculados a la condición muscular de la musculatura del “core” o zona central del cuerpo. (Demoulin et al., 2012; Kocjan & Sarabon, 2014; Lindsay & Horton, 2006). Un nivel bajo de condición física de la musculatura del tronco puede provocar modificaciones estructurales e histológicas, derivando en una atrofia de sus fibras musculares (Kuno et al., 1990), lo que a su vez reduce la capacidad de producir fuerza (Parkkola et al., 1993). En este sentido, bajos niveles de fuerza están asociados a un mayor riesgo de sufrir lesiones del aparato locomotor. Por ejemplo, Rissanen et al. (2002) compararon la fuerza del tronco en diferentes planos y ejes de movimiento en sujetos sanos, concluyendo que unos niveles adecuados de fuerza en la musculatura del tronco podrían prevenir contra la discapacidad laboral relacionada con la espalda.

En base a la relevancia de la fuerza muscular del tronco para la salud y el rendimiento, es de vital importancia desarrollar pruebas de valoración fiables que permitan monitorizar adecuadamente esta variable (Malliou et al., 2006). En entornos de salud la evaluación forma parte de los programas de rehabilitación, que permiten proporcionar información sobre el avance de la condición y recuperación de personas con patologías (Mannion et al., 2001). En el rendimiento deportivo una efectiva evaluación permitirá implementar estrategias que optimicen el entrenamiento, debiendo ser estas evaluaciones lo más similares posible a la técnica u objetivo deportivo a alcanzar (Hibbs et al., 2008).

En la actualidad la dinamometría isocinética es considerada como el “gold estándar” para la valoración de la fuerza del tronco (Karatas et al., 2002), debido a que permite controlar de forma fiable el rendimiento muscular a una velocidad constante en rangos articulares definidos (Demoulin et al., 2012). A pesar de que este instrumental ha demostrado una alta reproductividad, debido a su alto coste, su uso está limitado al ámbito investigador y solo en algunos casos al ámbito hospitalario (Delitto et al., 1991). Una forma menos costosa de valoración de la fuerza muscular, asequible para entrenadores y fisioterapeutas en el ámbito profesional, es la dinamometría manual, la

cual, mediante protocolos estandarizados permite valorar de forma fiable la fuerza isométrica máxima de diversos grupos musculares (Wikholm et al., 1991). Respecto a la musculatura del tronco, en estudios realizados por Gruther et al. (2009), Rantanen et al. (1997) y Arja et al. (2003) se utilizó la dinamometría manual para valorar a distintas poblaciones, como sujetos sanos, sujetos con dolor lumbar, ancianos, pacientes con cirugía de columna, etc., demostrando una fiabilidad relativa de baja a moderada [índice de correlación intraclase (ICC) = 0.48-0.58].

Los problemas de fiabilidad observados en los test de fuerza muscular del tronco realizados con dinamometría manual podrían estar relacionados con el hecho de que tanto los flexores como extensores del tronco están considerados como una de las musculaturas más fuertes de la anatomía humana (Moreland et al., 1997). En este sentido se ha observado como las evaluaciones llevadas a cabo con dinamómetro manual muestran una baja fiabilidad especialmente cuando se valoran grandes grupos musculares donde los niveles de fuerza generados son elevados (Stark et al., 2011). A esto se añade la dificultad para estandarizar la prueba, es decir, para colocar el dinamómetro y al participante siempre en una misma posición, así como para determinar qué posición del tronco es la más adecuada para generar la mayor fuerza posible de forma consistente (Bohannon., 1997; Bohannon., 1999). Por ello, con objeto de conseguir niveles de fiabilidad adecuados en mediciones test y re-test (Bohannon., 1999), se ha propuesto el uso de soportes mecánicos externos y anclajes del dinamómetro a estructuras rígidas y estables con el fin de estabilizar el dinamómetro, aportando puntos de apoyo al sujeto para poder ejercer fuerza adecuadamente (Scott, 2004). Por tanto, uno de los puntos clave en las mediciones de fuerza es el modo de colocación del sujeto y la angulación en la que realiza la fuerza, con objeto de evitar la variabilidad asociada a diferentes brazos de palanca (ciertas posiciones y longitudes musculares generan mayores niveles de momento de fuerza) (Smith et al., 1985; Clarkson, 2000).

Dada la problemática anteriormente presentada y considerando la escasez de estudios dinamométricos del tronco realizados en mujeres, resulta necesario implementar nuevos procedimientos válidos y fiables para valorar la fuerza de la musculatura de tronco mediante dinamometría manual a través de procedimientos replicables y de fácil aplicación (Karthikbabu & Chakrapani, 2017).

Por tanto, en este trabajo fin de master se realizó un estudio dinamométrico en mujeres físicamente activas cuyos objetivos fueron: i) valorar la fiabilidad absoluta y relativa test-retest de diversos test de fuerza del tronco desarrollados mediante dinamometría manual en el Laboratorio de Biomecánica y Salud del Centro de Investigación del Deporte de la Universidad Miguel Hernández de Elche (UMH); ii) analizar la validez de estas pruebas a través de su comparación con test isométricos de tronco realizados en un dinamómetro isocinético.

## **MATERIALES Y MÉTODOS**

### **1.Participantes y Procedimiento**

#### *1.1. Participantes*

En el presente estudio participaron 10 mujeres (edad:  $24.5 \pm 2.64$  años; altura:  $164.45 \pm 6.33$  cm; masa:  $63.17 \pm 10.35$  kg) estudiantes del Grado de Ciencias de la Actividad Física y Deporte de la Universidad Miguel Hernández de Elche. Todas las participantes estaban sanas y realizaban actividad física de forma regular, pero no realizaban habitualmente ejercicios de fuerza máxima.

Una vez explicado el propósito y procedimiento de investigación a las participantes, estas manifestaron su voluntad de participar en el estudio, por lo que cumplieron un documento de consentimiento informado. Los protocolos de medición estuvieron en concordancia con la Declaración de Helsinki y fueron aprobados por la Oficina de Ética en la Investigación de la UMH (DPS.RRV.05.15).

#### *1.2. Procedimiento*

La evaluación fue llevada a cabo mediante un diseño test-retest, con mediciones separadas en dos semanas, en el Laboratorio de Biomecánica y Salud del Centro de Investigación del Deporte de la UMH. Las condiciones de luz y temperatura del laboratorio se mantuvieron constantes a lo largo de todas las mediciones. Cada sesión de valoración tuvo una duración de 30 min aproximadamente.

En la primera sesión de valoración las participantes fueron evaluadas antropométricamente, incluyendo valores de peso corporal, talla y altura de tronco. Previo a la realización de los test, se realizó un calentamiento específico (movilidad

lumbo-pélvica, flexiones y extensiones de tronco y puentes frontal, lateral y dorsal) con una duración aproximada de 5 min. El orden de las pruebas dinamométricas fue el siguiente:

### *1.2.1 Test isométricos realizados en dinamómetro isocinético*

Se realizaron dos pruebas isométricas en el dinamómetro isocinético *Biodex* (Modelo 2000, Sistema 4 Pro; Biodex Corporation, Shirley, NY, EE.UU.), un test para la flexión y otro para la extensión del tronco. En cada test se realizaron cinco repeticiones de 10 s de duración, con 10 s de descanso entre repeticiones. Las dos primeras repeticiones sirvieron para que las participantes se familiarizaran con la ejecución de la prueba. En las tres repeticiones restantes se solicitó el esfuerzo máximo de las participantes. La primera prueba, test de flexores el ángulo del tronco se estableció a 120° de extensión con respecto a la posición anatómica 90° (Figura 1). Para segunda prueba, test de extensores el ángulo del tronco se estableció a 70° de flexión con respecto a la posición anatómica 90° (Figura 2). Estas posiciones serán tomadas como referencia para los test realizados con la dinamometría manual (Kocjan & Sarabon, 2014). El tiempo para la recuperación entre pruebas fue de 5 min. El valor más alto de los momentos de fuerza (N\*m) flexor y extensor fue utilizado para el análisis estadístico.



**Figura 1.** Test isométrico de flexión del tronco en dinamómetro isocinético.



**Figura 2.** Test isométrico de extensión del tronco en dinamómetro isocinético.

### *1.2.2 Test isométricos realizados con dinamometría manual*

El protocolo de medición se centró en la evaluación de la fuerza isométrica máxima de la musculatura flexora y extensora del tronco utilizando el dinamómetro manual *Lafayette Manual Muscle Tester* (modelo 01165, USA). Para ello, las participantes se colocaron en sedestación en una camilla de madera (Figuras 3 y 4), donde el respaldo móvil se fijó a  $120^\circ$  y  $90^\circ$  respecto a la horizontal (con la ayuda de un goniómetro), para ejercer fuerza en flexión y extensión respectivamente. Se establecieron estas posiciones en base a las utilizadas para valorar esta musculatura en dinamometría isocinética, con una modificación en la angulación en la prueba de extensión (Kocjan & Sarabon, 2014). Para reducir la implicación del tren inferior en los test, se inmovilizaron los tobillos y muslos mediante unas cinchas colocadas en dichos segmentos. El dinamómetro manual se fijó (a través de una cincha) en la mitad del esternón para realizar la tarea de flexión de tronco (Moreland et., 1997); mientras que para la extensión de tronco se colocó un soporte cervico-dorsal a nivel de la apófisis espinosa de la cuarta vértebra torácica que sirvió como punto de apoyo del dinamómetro manual (Karthikbabu & Chakrapani, 2017). En cada test se realizaron cinco repeticiones de 5 s de duración, con 10 s de descanso entre repeticiones. Las dos primeras repeticiones sirvieron para que las participantes se familiarizaran con la ejecución de la prueba. Los valores de fuerza fueron registrados en Newtons. Para evitar una activación del dinamómetro manual antes de comenzar la tarea, el umbral de activación del mismo se estableció en 70 N. El valor más alto de fuerza (N) obtenido en el test de flexión y en el test de extensión del tronco fue utilizado para el análisis estadístico.



**Figura 3.** Test isométrico máximo de flexión del tronco contra dinamómetro manual.



**Figura 2.** Test isométrico máximo de extensión del tronco contra dinamómetro manual.

## 2. Análisis estadístico

Los estadísticos descriptivos (media y desviación estándar) se calcularon para todas las variables analizadas. Para analizar la fiabilidad relativa y absoluta se utilizó el coeficiente intra-clase (ICC3,1) y el error estándar de medida (SEM) respectivamente (Weir., 2005). La interpretación del ICC se realizó basándose en los siguientes valores: excelente (0.90-1.00), buena (0.70-0.89), moderada (0.50-0.69) y baja ( $<0.50$ ) (Fleiss., 1986). El SEM se calculó como la diferencia en las desviaciones estándar de las dos sesiones dividido por  $\sqrt{2}$ . Para facilitar la interpretación de los datos los resultados del SEM fueron reportados en porcentaje. Los intervalos de confianza fueron fijados al 95% tanto para el ICC como el SEM. Los análisis de fiabilidad se realizaron a través de la hoja de cálculo diseñada por Hopkins (2015). Además, para valorar la presencia de un efecto aprendizaje de los test, se realizó un ANOVA de medidas repetidas siendo las evaluaciones (pre-test y post-test) el factor intra-sujeto mediante el paquete estadístico SPSS software (Versión 25.0 para Windows 7; SPSS Inc., Chicago, IL, USA). Para

ver si dicho efecto era significativo, se utilizó el tamaño del efecto de Cohen con el ajuste de Hedges (1985), cuyos valores de interpretación fueron los siguientes: >0.8 grande, 0.8-0.5 moderado, 0.5-0.2 pequeño, y <0.2 trivial (Cohen., 1988). Por último, para valorar la validez del dinamómetro manual se realizó un análisis de correlación respecto a los datos con los valores obtenidos en dinamómetro isocinético mediante el coeficiente de correlación de Pearson. Su interpretación se realizó de la siguiente forma: muy alto (0.90 – 1.00), alto (0.70 – 0.89), moderado (0.50 – 0.69), bajo (0.30 – 0.49) y sin correlación (< 0.30). Los datos fueron presentados como media±SD y el nivel de significación se estableció en p<0.05 (Hinkel, Wiersma, & Jurs 2003).

## REFERENCIAS

- Arja, H., Tiina, K., Pt, T. U., & Jari, Y. (2003). Trunk muscle strength in flexion, extension, and axial rotation in patients managed with lumbar disc herniation surgery and in healthy control subjects. *Spine*, 28(10), 1068-1073. doi: 10.1097 / 01.BRS.0000061994.36719.5E
- Bohannon, R. W. (1997). Hand-held dynamometry: factors influencing reliability and validity. *Clinical rehabilitation*, 11(3), 263-264. pimd: 9360040
- Bohannon, R. W. (1999). Intertester reliability of hand-held dynamometry: a concise summary of published research. *Perceptual and Motor Skills*, 88(3), 899-902. doi: 10.2466/pms.1999.88.3.899
- Clarkson, H. M. (2000). *Musculoskeletal assessment: joint range of motion and manual muscle strength*. Lippincott Williams & Wilkins.
- Cohen J. Statistical power analysis for the behavioral sciences. 2nd ed. Hillsdale N.J.: L. Erlbaum Associates; 1988. xxi, 567 p. p.
- Delitto, A., Rose, S. J., Crandell, C. E., & Strube, M. J. (1991). Reliability of isokinetic measurements of trunk muscle performance. *Spine*, 16(7), 800-803. pimd: 1833828
- Demoulin, C., Grosdent, S., Smeets, R., Verbunt, J., Jidovtseff, B., Mahieu, G., & Vanderthommen, M. (2012). Muscular performance assessment of trunk extensors: A critical appraisal of the literature. In *Low Back Pain*. InTech. doi: 10.5772 / 34188

- Fleiss JL. The design and analysis of clinical experiments. New York: Wiley; 1986. xiv, 432.
- Gruther, W., Wick, F., Paul, B., Leitner, C., Posch, M., Matzner, M., ... & Ebenbichler, G. (2009). Diagnostic accuracy and reliability of muscle strength and endurance measurements in patients with chronic low back pain. *Journal of rehabilitation medicine*, 41(8), 613-619. doi: 10.2340/16501977-0391
- Hedges LV, Olkin I. Statistical methods for meta-analysis. Orlando: Academic Press; 1985. xxii, 369 p. p.
- Hibbs, A. E., Thompson, K. G., French, D., Wrigley, A., & Spears, I. (2008). Optimizing performance by improving core stability and core strength. *Sports medicine*, 38(12), 995-1008. doi: 10.2165 / 00007256-200838120-00004
- Hinkel, D. E., Wiersma, W., & Jurs, S. G. (2003). Applied statistics for the behavioral sciences. *Boston: Houghton Mifflin Company*.
- Hopkins, W. G. (2015). Analysis of validity by linear regression. *Sportscience*, 19, 36-42.
- Karatas, G. K., Gögüs, F., & Meray, J. (2002). Reliability of isokinetic trunk muscle strength measurement. *American journal of physical medicine & rehabilitation*, 81(2), 79-85. pimd: 11807340
- Karthikbabu, S., & Chakrapani, M. (2017). Hand-held dynamometer is a reliable tool to measure trunk muscle strength in chronic stroke. *Journal of clinical and diagnostic research: JCDR*, 11(9), YC09. doi: 10.7860 / JCDR / 2017 / 28105.10672
- Kocjan, A., & Sarabon, N. (2014). Assessment of isometric trunk strength—the relevance of body position and relationship between planes of movement. *Journal of sports science & medicine*, 13(2), 365. pimd: 24790491
- Kuno, S. Y., Katsuta, S., Akisada, M., Anno, I., & Matsumoto, K. (1990). Effect of strength training on the relationship between magnetic resonance relaxation time and muscle fibre composition. *European journal of applied physiology and occupational physiology*, 61(1-2), 33-36. doi: 10.1007/BF00236690

- Lindsay, D. M., & Horton, J. F. (2006). Trunk rotation strength and endurance in healthy normals and elite male golfers with and without low back pain. *North American journal of sports physical therapy: NAJSPT*, 1(2), 80. pimd: 21522218
- Malliou, P., Gioftsidou, A., Beneka, A., & Godolias, G. (2006). Medidas e avaliações em pacientes com dor lombar. *Revista escandinava de medicina e ciência em esportes*, 16 (4), 219-230. doi: 10.1111 / j.1600-0838.2005.00504.x
- Mannion, A. F., Dvorak, J., Taimela, S., & Müntener, M. (2001). Increase in strength after active therapy in chronic low back pain (CLBP) patients: muscular adaptations and clinical relevance. *Schmerz (Berlin, Germany)*, 15(6), 468-473. doi: 10.1007 / s004820100034
- Moreland, J., Finch, E., Stratford, P., Balsor, B., & Gill, C. (1997). Interrater reliability of six tests of trunk muscle function and endurance. *Journal of Orthopaedic & Sports Physical Therapy*, 26(4), 200-208. doi: 10.2519 / jospt.1997.26.4.200
- Parkkola, R., Alanen, A., Kalimo, H., Lillsunde, I., Komu, M., & Kormano, M. (1993). MR relaxation times and fiber type predominance of the psoas and multifidus muscle: an autopsy study. *Acta radiologica*, 34(1), 16-19. pimd: 8427743
- Rantanen, T., Era, P., & Heikkinen, E. (1997). Physical activity and the changes in maximal isometric strength in men and women from the age of 75 to 80 years. *Journal of the American Geriatrics Society*, 45(12), 1439-1445. doi: 10.1111/j.1532-5415.1997.tb03193.x
- Rissanen, A., Heliovaara, M., Alaranta, H., Taimela, S., Malkia, E., Knekt, P., & Aromaa, A. (2002). Does good trunk extensor performance protect against back-related work disability? *Journal of rehabilitation medicine*, 34(2), 62-66. pimd: 12019581
- Scott, D. A., Bond, E. Q., Sisto, S. A., & Nadler, S. F. (2004). The intra-and interrater reliability of hip muscle strength assessments using a handheld versus a portable dynamometer anchoring station. *Archives of physical medicine and rehabilitation*, 85(4), 598-603. doi: 10.1016/j.apmr.2003.07.013
- Smith, S. S., Mayer, T. G., Gatchel, R. J., & Becker, T. J. (1985). Quantification of lumbar function. Part 1: Isometric and multispeed isokinetic trunk strength measures

in sagittal and axial planes in normal subjects. *Spine*, 10(8), 757-764. pimd: 4081883

Stark, T., Walker, B., Phillips, J. K., Fejer, R., & Beck, R. (2011). Hand-held dynamometry correlation with the gold standard isokinetic dynamometry: a systematic review. *PM&R*, 3(5), 472-479. doi: 10.1016/j.pmrj.2010.10.025

Weir, J. P. (2005). Quantifying test-retest reliability using the intraclass correlation coefficient and the SEM. *The Journal of Strength & Conditioning Research*, 19(1), 231-240. pimd: 15705040

Wikholm, J. B., & Bohannon, R. W. (1991). Hand-held dynamometer measurements: tester strength makes a difference. *Journal of Orthopaedic & Sports Physical Therapy*, 13(4), 191-198. doi: 10.2519 / jospt.1991.13.4.191

