

Relevancia de la técnica de inmovilización de brazos en las variables cinéticas en el test de salto con contramovimiento

Relevance of the Technique of Immobilizing Arms for the Kinetic Variables in the Countermovement Jump Test

Juan Manuel López Gómez, José Luis López Elvira

Centro de Investigación del Deporte. Universidad Miguel Hernández de Elche

CORRESPONDENCIA:

José Luis López Elvira

Centro de Investigación del Deporte

Universidad Miguel Hernández de Elche

Avda. de la Universidad, s/n.03202 Elche (Alicante)

jose.lopeze@umh.es

Recepción: junio 2012 • Aceptación: octubre 2012

Resumen

El test de salto vertical con contramovimiento (CMJ) se ha venido conformando como uno de los métodos de evaluación de la potencia del tren inferior más utilizado. A la hora de ejecutarlo de forma correcta, se debe aislar al máximo la acción de las extremidades superiores, con el fin de que la producción de fuerza provenga exclusivamente del tren inferior. En la bibliografía específica se han propuesto diversas formas de limitar la acción de los brazos, siendo la más frecuente con las manos en la cintura. Cabe preguntarse si el uso de una técnica u otra podría influir en el rendimiento del salto, lo que no permitiría comparar entre diferentes estudios.

Participó una muestra de 19 sujetos que realizó cuatro técnicas diferentes de colocación de los brazos en CMJ: con acción de brazos libre; agarre de antebrazos por detrás de la espalda; manos en la cintura; y agarre de una pica de plástico sobre los hombros. Se analizaron y compararon las principales variables cinemáticas en el salto con el fin de determinar si la posición de los brazos es un factor que condiciona los resultados de los test.

Como cabía esperar, se aprecian diferencias significativas con ayuda de brazos respecto a las otras técnicas ($p < 0.05$). Sin embargo, no se aprecian diferencias significativas entre las tres técnicas de inmovilización de brazos planteadas. Esto lleva a concluir que no es determinante la posición de brazos utilizada, por lo que es posible comparar los resultados obtenidos en los distintos estudios publicados.

Palabras clave: test de salto vertical, potencia del tren inferior, plataforma de fuerzas.

Abstract

The countermovement jump test (CMJ) has become one of the most widely used methods for assessing the power of the lower body. When carrying it out correctly, the action of the upper extremities must be maximally isolated, so that strength production comes exclusively from the lower body. In the specific bibliography, several ways to limit the arm action have been proposed, and having the hands on the hips is the most common. The question arises as to whether the use of one technique or another could influence the performance of the jump, which would question the possibility of comparing different studies' results.

In the present study, 19 participants performed four different techniques of the CMJ: free arms motion, holding forearms behind the back, hands on the hips, and holding a plastic stick on the shoulders. Commonly measured kinetic variables of the jump have been analysed and compared in order to determine whether the arm position is a factor that influences the test results.

As expected, significant differences were found between the techniques using the help of the arms and the other techniques ($p < 0.05$). However, there were no significant differences between the three arm immobilization techniques. This leads to the conclusion that the arm position is not decisive, making it possible to compare the results obtained from the different published studies.

Key words: vertical jump test, lower limb power, force platform.

Introducción

Los test de salto, y concretamente el salto vertical con contramovimiento (CMJ), se han venido conformando como uno de los métodos de evaluación de la potencia del tren inferior más utilizados dentro del ámbito de la actividad física y el deporte. Diferentes técnicas de inmovilización de los brazos han sido propuestas con el objetivo de valorar exclusivamente la capacidad del tren inferior. La opción más frecuentemente elegida por los investigadores desde los primeros estudios relacionados con el test de salto vertical (Komi y Bosco, 1978) ha sido colocar las manos en la cintura (Bruhn, Kullmann y Gollhofer, 2004; Colado et al., 2010; Hara, Shibayama, Takeshita, Hay y Fukashiro, 2008; Hori et al., 2008; Impellizzeri, Rampinini, Maffiuletti y Marcora, 2007; Lees, Vanrenterghem y De Clercq, 2004; Liu et al., 2006; Markovic, Dizdar, Jukic y Cardinale, 2004; Rodano y Squadrone, 2002; Ullrich, Heinrich, Goldmann y Bruggemann, 2010; Yamauchi y Ishii, 2007). Sin embargo, otras técnicas han sido empleadas con el mismo propósito, como por ejemplo, con las manos cogidas a la espalda (Bobbert, Gerritsen, Litjens y Van Soest, 1996), con las manos agarradas al cuello de la camiseta (Driss, Vandewalle, Quievre, Miller y Monod, 2001) o sujetando distintos tipos de barras apoyadas en los hombros, ya sea para anclar el cable de un encoder lineal (Bazzet-Jones, Finch y Dugan, 2008; Moore, Weiss, Schilling, Fry y Li, 2007) o con barra de pesas para saltar con sobrecarga (Kellis, Arambatzi y Papadopoulos, 2005).

Estudios previos han investigado la contribución de los distintos segmentos corporales al salto, llegando a la conclusión de que tanto los brazos como el tronco modifican la técnica y el rendimiento en el salto (Domire y Challis, 2010; Hara et al., 2008; Lees et al., 2004; Luhtanen y Komi, 1978; Vanrenterghem, Lees y Clercq, 2008).

Cabe preguntarse si el uso de una técnica de inmovilización de brazos u otra podría afectar de distinta forma al movimiento del tronco o la coordinación de los distintos segmentos, de manera que influyera en el rendimiento del salto o en las variables que se suelen emplear para medir la capacidad del tren inferior. Estas posibles diferencias en las distintas técnicas de inmovilización propuestas no permitirían comparar entre los resultados de los diferentes estudios.

El objetivo del presente trabajo ha sido comparar las variables cinéticas más frecuentemente analizadas en el test CMJ utilizando cuatro técnicas de colocación de los brazos (tres de inmovilización más una con libertad de movimiento), con la intención de conocer si los

resultados obtenidos en investigaciones que utilicen distintas posiciones de inmovilización serían comparables entre sí.

Método

Muestra

Participó una muestra de 19 sujetos (16 hombres y 3 mujeres) estudiantes de Ciencias de la Actividad Física y el Deporte, de una media de edad de 23.11 ± 2.75 años, estatura de 1.75 ± 0.06 m y peso de 75.42 ± 9.21 kg. Todos ellos practicaban actividad física de forma regular y estaban familiarizados con los test de saltos.

Previamente a participar, firmaron un consentimiento informado basado en la declaración de Helsinki. En el momento del registro, ninguno de ellos presentaba lesiones que pudieran perturbar su ejecución de los saltos o comprometer su seguridad.

Protocolo

Cada sujeto fue informado con dos semanas de anticipación al día del registro, de los test que debía realizar. Se les instruyó en la ejecución y se les permitió repetir las distintas técnicas hasta que las dominaran.

El día del registro, cada sujeto realizó un calentamiento estandarizado de 15 min supervisado por un investigador, consistente en 5 min de pedaleo sobre un cicloergómetro Buffalo EMMF2500 (Buffalo, Alemania) a una intensidad de 100 W. Posteriormente realizaron 10 min de calentamiento específico para el salto, con estiramientos y saltos verticales en las distintas modalidades que se pusieron en práctica.

Todos los test se realizaron sobre una plataforma de fuerzas Kistler 9286 (Kistler, Winterthur, Suiza) con una frecuencia de muestreo de 1000 Hz. Se siguieron las recomendaciones de Street et al. (2001) para reducir los errores de medición de las variables derivadas de la curva de fuerza/tiempo.

Se seleccionaron cuatro condiciones de salto (figura 1): con libertad de uso de los brazos o salto Abalacov (AB); con agarre de antebrazos por detrás de la espalda (ES); con brazos en "jarra" con las manos en la cintura (JA); y con agarre de una pica sobre los hombros (PI). De cada salto se realizaron tres repeticiones válidas para calcular su media. Si el salto no era válido (no se estimaba que fuera máximo, el sujeto se salía de la plataforma o se modificaba la técnica propuesta) se repetía hasta completar tres válidos. La recuperación entre cada salto fue de 1 min entre repeticiones y 3 min entre condiciones. El orden de ejecución de los di-

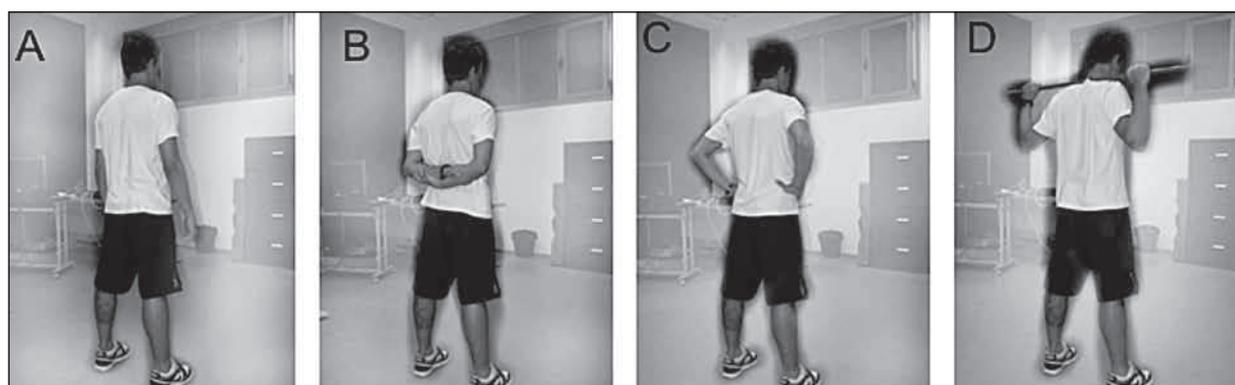


Figura 1. Postura inicial de los cuatro tipos de salto con contramovimiento analizados en el presente trabajo: A- con ayuda libre de brazos; B- con agarre de antebrazos por detrás de la espalda; C- con brazos en "jarra" con las manos en la cintura; D- con agarre de una pica de plástico sobre los hombros.

ferentes tipos de saltos fue aleatorio para cada sujeto, con el objetivo de minimizar el efecto de aprendizaje o fatiga. Dado que las modificaciones en la técnica eran objeto de estudio, se dejó a elección de los sujetos tanto la velocidad de descenso como el ángulo de flexión bajo la premisa de que los saltos fueran máximos. En cualquier caso, un mismo investigador experimentado controló visualmente que no se produjeran variaciones notables en profundidad de la flexión o en la velocidad del descenso.

Análisis de datos

Se exportaron los datos relativos a la fuerza vertical y se trataron con el software Microsoft Office Excel 2007. A partir de la curva fuerza tiempo se calcularon las variables correspondientes a la batida que se detallan a continuación. De forma directa se midió la fuerza máxima. Se integró la fuerza por el método del trapecio para calcular la curva de velocidad y así determinar la velocidad vertical en el despeque. Este valor permitió calcular la altura del salto. Como constante de integración se fijó el peso medido en la parte inicial del registro en una ventana de 1 s. Del mismo modo se calculó el impulso positivo de descenso (correspondiente al frenado excéntrico) y el impulso positivo de ascenso (correspondiente a la fase concéntrica). Por el producto de la velocidad y la fuerza se calculó la potencia instantánea a instantánea y a partir de ella se obtuvo la potencia máxima.

También se diferenció la curva de fuerza por el método de las diferencias finitas para obtener la ratio de producción de fuerza (RFD). Una vez calculada se obtuvo el valor máximo, correspondiente a la fase excéntrica. Por último, se calculó el tiempo transcurrido desde el inicio del salto (instante en que la fuerza vertical empezaba a descender por debajo de 4 veces la desviación típica de la ventana de medición del peso)

Tabla 1. Fiabilidad de los saltadores en sus tres repeticiones de cada condición. ICC- coeficiente de correlación intraclase; CV- coeficiente de variación.

	ICC	CV
Fmax	0.982	2.96
RFDMax	0.860	12.65
Pmax	0.991	2.68
ImpPosDesc	0.941	7.90
ImpPosAsc	0.982	2.20
Altura	0.982	4.34
TFMax	0.753	10.27
TRFDMax	0.601	19.84
TPMax	0.769	7.71

hasta la fuerza máxima, hasta el RFD máximo y hasta la potencia máxima.

En cada variable se promediaron los valores obtenidos en las tres repeticiones de cada condición. Se calculó la fiabilidad de las medidas entre las tres repeticiones en cada condición por medio del coeficiente de correlación intraclase y el coeficiente de variación (tabla 1).

Análisis estadístico

Se valoró, en primer lugar, si la distribución de la muestra era normal en cada variable mediante el test de Kolmogorov-Smirnov. Para determinar si había diferencias significativas entre las cuatro formas de salto se llevó a cabo un ANOVA de medidas repetidas. Se utilizó una prueba *post hoc* de Bonferroni con el fin de realizar una comparación por pares y determinar entre qué grupos había diferencias significativas. Se fijó el valor de significación en $p < 0.05$. El análisis estadístico se realizó con el software SPSS v19.

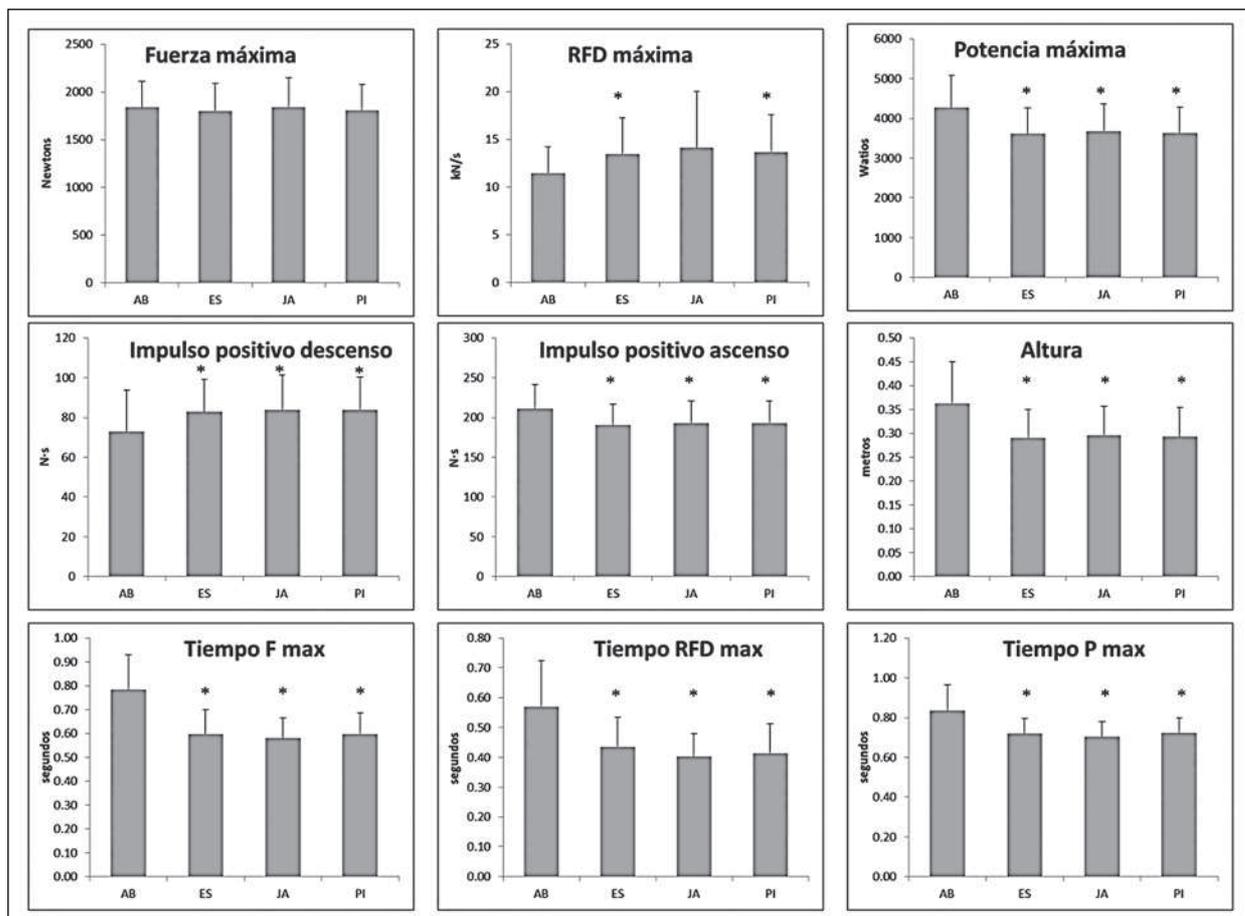


Figura 2. Media y desviación típica de las variables cinéticas medidas (para una descripción detallada, consultar el texto). AB- con ayuda de brazos; ES- con agarre de antebrazos por detrás de la espalda; JA- con brazos en "jarra" con las manos en la cintura; PI- con agarre de una pica de plástico sobre los hombros. * Diferencias significativas respecto a AB ($p < 0.05$).

Resultados

En la figura 2 se presentan los valores obtenidos en las variables analizadas relativas al rendimiento del salto en cada una de las condiciones propuestas en el estudio. En general se aprecia que se encuentran diferencias significativas entre la condición de uso libre de brazos con las demás ($p < 0.05$), pero no entre las condiciones con la acción de brazos anulada.

Discusión

El objetivo principal del estudio era comprobar si las distintas técnicas de anulación de la acción de los brazos en saltos con contramovimiento podrían suponer diferencias entre las variables cinéticas comúnmente utilizadas para valorar la potencia del tren inferior.

A partir de los resultados del estudio podemos afirmar que no se encuentran diferencias significativas entre ninguna de las técnicas de inmovilización de brazos respecto a las variables analizadas. Cabe hacer

la excepción de la variable RFD máxima, puesto que en la condición JA no muestra ser significativamente diferente de la condición AV, a diferencia de ES y PI. Consideramos que esto se debe a la mayor dispersión encontrada al utilizar esta técnica (desviación típica de 5.94 kN/s frente a 3.73 en ES y 3.89 en PI, consultar barras de error en figura 2), lo que podría ser una razón para evitar elegirla cuando se desee medir esta variable. El motivo de que se produzca esa mayor dispersión podría tener que ver con aspectos relacionados con la coordinación de los segmentos o con la velocidad en el descenso en la fase excéntrica, no medidos en este trabajo. En cualquier caso, parece razonable la posibilidad de comparación entre estudios que midan variables cinéticas, independientemente de la técnica de inmovilización de brazos que emplee. No obstante, no deja de ser recomendable mantener la misma técnica dentro del protocolo de medición para conservar constantes el mayor número de factores posibles y reducir los errores de medición (Elvira, Rodríguez, Riera y Jódar, 2001), especialmente cuando se trate de valoraciones longitudinales, como puede ser el segui-

miento de un deportista a lo largo de una temporada. Comparando la capacidad de salto de nuestros participantes con los de otros estudios, en la posición con las manos en la cintura (JA) saltaron 0.29 m. Esta altura representa valores ligeramente inferiores respecto a otros estudios que utilizan la misma técnica de salto y una muestra de las mismas características, como el de Elvira et al. (2001) en el que la altura media fue de 0.33 m, el de Alegre et al. (2005) con 0.35 m o el de Vizcaya et al. (2009) con 0.34 m. Probablemente estas diferencias se deban a que en sus estudios los sujetos eran varones en su totalidad.

Respecto al uso de los brazos, su contribución está en la línea con lo obtenido en otros estudios. El uso de brazos no contribuye a incrementar la fuerza máxima vertical e incluso disminuye el valor de RFD máximo (-17%), lo que podría ser malinterpretado como un descenso en la explosividad del salto. Sin embargo, es obvio que mejora la variable de rendimiento, la altura del salto, en nuestro caso en un 24%, similar a la encontrada en otros estudios en los que el uso de los brazos en el CMJ suponía una mejora en la altura saltada del 10% (Harman, Rosenstein, Frykman y Rosenstein, 1990), del 26.6% (Feltner, Franchetti y Crisp, 1999), del 17.6% (Hara et al., 2008) y del 18.5% (Domire y Challis, 2010). Esta mejora se debe al aumento de energía generado en la articulación del hombro (Cheng, Wang, Chen, Wu y Chiu, 2008; Domire y Challis, 2010) y principalmente a que el movimiento ascendente de los brazos genera un empuje hacia abajo que hace que se ralentice la extensión de caderas (debido al tronco) en los segundos 2/3 de la fase concéntrica,

permitiendo que se incremente el torque en estas articulaciones por una velocidad de contracción de la musculatura más favorable (Feltner et al., 1999). Esto trae como consecuencia que se incremente el impulso mecánico en la fase concéntrica (Cheng et al., 2008; Domire y Challis, 2010), lo que hace que la velocidad en el despegue sea mayor. En nuestro caso, esto se manifiesta por un incremento en el impulso positivo de ascenso (10%), así como de los tiempos al pico de fuerza (32%), al RFD máximo (37%) y a la potencia máxima (17%).

Como investigaciones futuras relacionadas con esta, cabe plantearse si se producirían modificaciones en la cinemática de las articulaciones implicadas en el salto (principalmente ángulo de cadera y rodilla), así como extender el estudio a otros test de salto también empleados con frecuencia, como son el salto en caída y el salto en squat.

Conclusiones

Los resultados de este estudio indican que el uso de una técnica de inmovilización de brazos u otra no afecta a la mayor parte de variables cinéticas medidas. Únicamente cabe resaltar, como precaución, que la técnica con las manos en la cintura introduce una mayor dispersión en las mediciones de RFD máximo. De este modo, es posible contrastar los resultados obtenidos en los diversos estudios publicados que utilizan diferentes propuestas de inmovilización de la acción de los brazos en el salto.

BIBLIOGRAFÍA

- Alegre, L. M., Aznar, D., Delgado, F., Jiménez, F. y Aguado, X. (2005). Architectural characteristics of vastus lateralis muscle and jump performance in Young men. *Journal of Human Movement Studies*, 48, 109-123.
- Bazzet-Jones, D. M., Finch, H. W. y Dugan, E. L. (2008). Comparing the effects of various whole-body vibration accelerations on countermovement jump performance. *Journal of Sports Science and Medicine*, 7, 144-150.
- Bobbert, M. F., Gerritsen, K. G., Litjens, M. C. y Van Soest, A. J. (1996). Why is countermovement jump height greater than squat jump height? *Medicine and Science in Sports and Exercise*, 28(11), 1402-1412.
- Bruhn, S., Kullmann, N. y Gollhofer, A. (2004). The effects of a sensorimotor training and a strength training on postural stabilisation, maximum isometric contraction and jump performance. *International Journal of Sports Medicine*, 25(1), 56-60.
- Cheng, K. B., Wang, C. H., Chen, H. C., Wu, C. D. y Chiu, H. T. (2008). The mechanisms that enable arm motion to enhance vertical jump performance - a simulation study-. *Journal of Biomechanics*, 41(9), 1847-1854.
- Colado, J. C., García-Masso, X., González, L. M., Triplett, N. T., Mayo, C. y Merce, J. (2010). Two-leg squat jumps in water: an effective alternative to dry land jumps. *International Journal of Sports Medicine*, 31(2), 118-122.
- Domire, Z. J. y Challis, J. H. (2010). An induced energy analysis to determine the mechanism for performance enhancement as a result of arm swing during jumping. *Sports Biomechanics*, 9(1), 38-46.
- Driss, T., Vandewalle, H., Quievre, J., Miller, C. y Monod, H. (2001). Effects of external loading on power output in a squat jump on a force platform: a comparison between strength and power athletes and sedentary individuals. *Journal of Sports Sciences*, 19(2), 99-105.
- Elvira, J. L. L., Rodríguez, I. G., Riera, M. M. y Jódar, X. A. (2001). Comparative study of the reliability of three jump tests with two measurement systems. *Journal of Human Movement Studies*, 41(5), 369-383.
- Feltner, M. E., Franchetti, D. J. y Crisp, R. J. (1999). Upper extremity augmentation of lower extremity kinetics during countermovement vertical jumps. *Journal of Sports Sciences*, 17(6), 449-466.
- Hara, M., Shibayama, A., Takeshita, D., Hay, D. C. y Fukushima, S. (2008). A comparison of the mechanical effect of arm swing and countermovement on the lower extremities in vertical jumping. *Human Movement Science*, 27(4), 636-648.
- Harman, E. A., Rosenstein, M. T., Frykman, P. N. y Rosenstein, R. M. (1990). The effects of arms and countermovement on vertical jumping. *Medicine & Science in Sports & Exercise*, 22(6), 825-833.
- Hori, N., Newton, R. U., Kawamori, N., McGuigan, M. R., Andrews, W. A., Chapman, D. W. (2008). Comparison of weighted jump squat training

- with and without eccentric braking. *Journal of Strength and Conditioning Research*, 22(1), 54-65.
- Impellizzeri, F. M., Rampinini, E., Maffiuletti, N. y Marcora, S. M. (2007). A vertical jump force test for assessing bilateral strength asymmetry in athletes. *Medicine & Science in Sports & Exercise*, 39(11), 2044-2050.
- Kellis, E., Arambatzi, F. y Papadopoulos, C. (2005). Effects of load on ground reaction force and lower limb kinematics during concentric squats. *Journal of Sports Sciences*, 23(10), 1045-1055.
- Komi, P. V. y Bosco, C. (1978). Utilization of stored elastic energy in leg extensor muscles by men and women. *Medicine & Science in Sports & Exercise*, 10(4), 261-265.
- Lees, A., Vanrenterghem, J. y De Clercq, D. (2004). Understanding how an arm swing enhances performance in the vertical jump. *Journal of Biomechanics*, 37(12), 1929-1940.
- Liu, Y., Peng, C. H., Wei, S. H., Chi, J. C., Tsai, F. R. y Chen, J. Y. (2006). Active leg stiffness and energy stored in the muscles during maximal counter movement jump in the aged. *Journal of Electromyography and Kinesiology*, 16(4), 342-351.
- Luhtanen, P. y Komi, R.V. (1978). Segmental contribution to forces in vertical jump. *European Journal of Applied Physiology and Occupational Physiology*, 38(3), 181-188.
- Markovic, G., Dizdar, D., Jukic, I. y Cardinale, M. (2004). Reliability and factorial validity of squat and countermovement jump tests. *Journal of Strength and Conditioning Research*, 18(3), 551-555.
- Moore, C. A., Weiss, L. W., Schilling, B. K., Fry, A. C. y Li, Y. (2007). Acute effects of augmented eccentric loading on jump squat performance. *J Strength Cond Res*, 21(2), 372-377.
- Rodano, R. y Squadrone, R. (2002). Stability of selected lower limb joint kinetic parameters during vertical jump. *Journal of Applied Biomechanics*, 18, 83-89.
- Street, G., Millan, S. M., Board, W., Rasmussen, M. y Heneghan, J. M. (2001). Sources of error in determining countermovement jump height with the impulse method. *Journal of Applied Biomechanics*, 17, 43-54.
- Ullrich, B., Heinrich, K., Goldmann, J. P. y Bruggemann, G. P. (2010). Altered squat jumping mechanics after specific exercise. *International Journal of Sports Medicine*, 31(4), 243-250.
- Vanrenterghem, J., Lees, A. y Clercq, D. D. (2008). Effect of forward trunk inclination on joint power output in vertical jumping. *Journal of Strength and Conditioning Research*, 22(3), 708-714.
- Vizcaya, F. J., Viana, O., del Olmo, M. F. y Acero, R. M. (2009). Could the deep squat jump predict weightlifting performance? *Journal of Strength and Conditioning Research*, 23(3), 729-734.
- Yamauchi, J. y Ishii, N. (2007). Relations between force-velocity characteristics of the knee-hip extension movement and vertical jump performance. *Journal of Strength and Conditioning Research*, 21(3), 703-709.