



Revista Digital de Educación Física

ISSN: 1989-8304 D.L.: J 864-2009

SEGUIMIENTO DE LA MASA GRASA A TRAVÉS DE LA DENSIDAD CORPORAL CON DOS MÉTODOS DE MEDICIÓN, PLETISMOGRAFÍA POR DESPLAZAMIENTO DE AIRE Y ANTROPOMETRÍA EN JUGADORES DE VOLEIBOL

Ricardo López García

Profesor investigador de la Facultad de Organización Deportiva, Universidad Autónoma de Nuevo León. Monterrey, México. Email: ricardo.lopezgr@uanl.edu.mx

José Omar Lagunes Carrasco

Profesor investigador de la Facultad de Organización Deportiva, Universidad Autónoma de Nuevo León. Monterrey, México. Email: jose.lagunesca@uanl.edu.mx

Marvin Eliseo Guillén Ramírez

Profesor de Nutrición de la Facultad de Organización Deportiva, Universidad Autónoma de Nuevo León. Monterrey, México. Email: marvin_zero@hotmail.com

RESUMEN

Un objetivo principal de los entrenadores del voleibol y nutricionistas deportivos es monitorear el cuerpo corporal antes, durante y después de la temporada, para prescribir un peso corporal deseable, para optimizar rendimiento y para evaluar los efectos del entrenamiento. El propósito de este estudio fue realizar un seguimiento del porcentaje grasa a través de la densidad corporal durante 4 meses de entrenamiento en jugadores de voleibol, mediante dos métodos de medición. Se midieron a 18 jugadores de voleibol universitario (edad 22.6 ± 3.4), en dos tomas, una medición inicial (MI) y después de 4 meses una medición final (MF), donde se utilizó la pletismografía por desplazamiento de aire (Bod Pod) y en la antropometría las ecuaciones de Withers y Durnin y Womersley, para obtener la densidad corporal y posteriormente se utilizó la fórmula de Siri en ambos métodos para lograr el porcentaje grasa. El análisis de los datos se utilizó la prueba de t de Student, considerando con valor significancia de $p < 0.05$. Se encontró una disminución del porcentaje grasa de la MI a la MF con las ecuaciones Withers y Durnin y Womersley ($p < 0.05$) y con el Bod Pod ($p > 0.05$). A pesar que se encontraron disminuciones de masa grasa en un periodo determinado por ser un deporte de mucha resistencia, siempre hay que tomar en cuenta la utilización de diferentes métodos de medición como la antropometría y el Bod Pod para las evaluaciones de la composición corporal en estos tipos de deportistas.

PALABRAS CLAVE: Densidad corporal; grasa corporal; voleibol; Bod Pod; pliegues cutáneos.

1. INTRODUCCIÓN

El voleibol es un deporte con habilidades técnicas y tácticas, donde la valoración de la composición corporal, ayuda al éxito del deportista en la cancha (Gabbett & Georgieff, 2007). Llevar un seguimiento durante y después de la temporada, o bien durante su preparación física, ayuda a determinar una masa corporal óptima, para mejorar el rendimiento y para evaluar los efectos del entrenamiento (Coffey & Hawley, 2007). La evaluación de la masa grasa corporal en el voleibol es de alta importancia, ya que un exceso de este compartimento se ha asociado negativamente con el rendimiento físico (Siri, 1961). Se ha estudiado que los métodos y modelos convencionales para determinar la composición corporal no son exactos en este tipo de deportistas debido a la exigencia del aumento de la masa muscular y la disminución de la masa grasa en este deporte que es totalmente competitivo (Ode, Pivarnik, Reeves & Knous, 2007). Razón por la cual los métodos para evaluar la masa grasa corporal se han desarrollado solo para población general, no obstante, los deportistas pueden tener una menor relatividad de este compartimento corporal. La composición corporal consta de cinco niveles de análisis dividió en modelo químico y anatómico (Wang, Pierson & Heymsfield, 1992). La densidad corporal es una medición fundamental de la composición humana, donde está relacionada con el modelo químico de dos componentes (masa grasa y masa libre de grasa) en el cual diversas ecuaciones basadas en este método, utilizan dos o más mediciones de pliegues cutáneos o equipos de laboratorio como el Bod Pod (Brožek, Grande, Anderson & Keys, 1963).

El método del Bod Pod mide el volumen corporal por desplazamiento de aire (Fields, Goran & McCrory, 2002). Al determinar el volumen corporal y la densidad corporal, donde se deriva la relación de la masa entre volumen para posteriormente calcular la masa grasa y masa libre de grasa (Dempster & Aitkens, 1995). El Bod Pod también valora el volumen de gas torácico que permite corregir la densidad corporal total. Para poder obtener los componentes de la masa grasa y masa libre de grasa se utilizó la ecuación de Siri (Siri, 1961), que se describe $\% \text{ grasa} = [(4.59/DC) - 4.5] \times 100$. Donde DC es la densidad corporal en g/cm^3 . La evaluación de la masa grasa corporal mediante el uso de pliegues cutáneos se considera un método no invasivo, conveniente para estimar la densidad corporal, la masa de grasa y la masa libre de grasa (Suárez & Herrera, 2010). Los métodos antropométricos se basan en la medida del grosor del tejido subcutáneo o adiposo, bien precisado y protocolizado por la Sociedad Internacional de Avances de la Cineantropometría (ISAK) con técnicas descritas en el Manual de Protocolo Internacional para la valoración Antropométrica (Marfell-Jones, Stewart & De Ridder, 2012).

Existe una amplia cantidad de ecuaciones antropométricas en la literatura científica para la estimación de la densidad corporal, como por ejemplo; ecuaciones para deportistas como la de Withers (Withers, Craig, Bourdon & Norton, 1987), Forsyth (Forsyth & Sinning, 1973) y Thorland (Thorland, Johnson, Tharp, Housh & Cisar, 1984) donde se realizan de 4 a 7 pliegues cutáneos. Ecuaciones para estudiantes universitarios como la de Katch (Katch & McArdle, 1973), Sloan (Sloan, 1967) y Wilmore (Wilmore & Behnke, 1969) donde se realizan de 2 a 3 pliegues cutáneos; y ecuaciones para población general como la de Durnin (Durnin & Womersley, 1974) y Jackson y Pollock (Jackson & Pollock, 1978) donde se realizan de 4 a 7 pliegues cutáneos. Una vez que se obtiene la densidad corporal se utilizan

diferentes ecuaciones como la de Siri (Siri, 1961) y la de Brožek (Brožek et al., 1963) para predecir la masa grasa.

El objetivo de este estudio fue realizar un seguimiento del porcentaje grasa a través de la densidad corporal durante 4 meses de entrenamiento en jugadores de voleibol, mediante el método de medición de la pletismografía por desplazamiento de aire (Bod Pod) y antropometría, basadas únicamente en pliegues cutáneos.

2. MATERIAL Y MÉTODO

2.1. MUESTRA.

Se realizó un estudio descriptivo longitudinal con un total de 18 jugadores de voleibol masculino universitario (edad 22.6 ± 3.4 ; altura 189.4 ± 5.4), donde se les entregó una carta de consentimiento informado, garantizando la confidencialidad de los datos y la descripción del protocolo de estudio. En los criterios de inclusión los deportistas tenían que completar el 70 % de sus entrenamientos durante los 4 meses del estudio. Se realizó una medición inicial y una medición final del porcentaje de masa grasa con los métodos de medición de la Antropometría y Bod Pod.

2.2. PLETISMOGRAFÍA POR DESPLAZAMIENTO DE AIRE (BOD POD).

La densidad corporal se evaluó con el equipo Bod Pod (Body Composition System Analysis) donde se les citó con ayuno de 4 horas antes de las pruebas de medición. La calibración del equipo se realizó con la cámara vacía y empleando un cilindro de 49.750 L. La evaluación por el Bod Pod se inició con los sujetos portando un traje de baño y gorro de natación. Después se midió el peso corporal en una báscula incorporada al equipo. Los sujetos ingresaron a la cámara de fibra de vidrio del Bod Pod, después se cerró y durante 20 segundos el sujeto respiró para que se realizara la primera medición de volumen corporal. Posteriormente utilizaron una pinza de natación para la nariz, y después de mantener y colocar un tubo de plástico conectado en su boca, exhaló dentro del tubo para medir el volumen de gas torácico, que se utilizó para corregir el volumen corporal total. Todas las mediciones se realizaron por duplicado y se tomó el promedio para el análisis de los resultados.

2.3. MEDICIONES CON PLIEGUES CUTÁNEOS.

Las mediciones antropométricas se realizaron por una persona certificada por ISAK nivel 3, con técnicas descritas en el Manual de Protocolo Internacional para la valoración Antropométrica (Marfell-Jones, Stewart & De Ridder, 2012). Se determinó la estatura a través del estadiómetro seca 213 ($20 - 205 \text{ cm} \pm 5 \text{ mm}$) y la masa corporal se utilizó la Tanita TBF-410 ($0 - 200 \text{ kg} \pm 0.01 \text{ kg}$). Con estos dos valores obtuvimos el índice de masa corporal (IMC). Los pliegues cutáneos se midieron con el plicómetro Harpenden (precisión: 0.20 mm), donde se tomaron pliegues del tríceps, bíceps, subescapular, cresta ilíaca, supraespinal, abdominal, muslo medio y pierna medial.

La estatura, el peso y los pliegues cutáneos se midieron por duplicado y se tomó el promedio de las mediciones como el valor final a considerar. El error técnico de la medición (ETM) intraobservador se consideró dentro de los límites

reportados por las normas del ISAK. Una vez que obtuvimos todas las mediciones se estimo la densidad corporal a través de una ecuación para población atlética como la de Withers et al. (1987) y una ecuación para población general como la de Durnin y Womersley (1974), posteriormente se utilizó la ecuación de Siri (1961), que nos determinó la grasa corporal (Tabla 1).

Tabla 1.

Ecuaciones para calcular la densidad corporal y el porcentaje grasa de este estudio.

Ecuaciones utilizadas para estimar DC	Ecuación para estimar % grasa
Withers et al. (1987) 1.0988 – [0.0004 * (PT + Psub + PB + Psup + PA + PM + PP)]	Siri (1961)
Durnin y Womersley (1974) 1.1765 – 0.0744 * [Log(PT + PB + Psub + PC)]	(495/DC) – 450

Log: Logaritmo; PT: Pliegue trícep en mm; Psub: Pliegue subescapular en mm; PB: Pliegue bicep en mm; Psup: Pliegue supraespinal en mm; PC: Pliegue cresta iliaca en mm; PA: Pliegue abdominal en mm; PM: Pliegue muslo medio en mm; PP: Pliegue pierna en mm; DC: Densidad corporal.

2.4. ANÁLISIS ESTADÍSTICO.

En el análisis estadístico, para los datos obtenidos se utilizó el programa del paquete estadístico SPSS (IBM, SPSS Statistics Versión 21.0). Para la prueba de normalidad de las varianzas se utilizó la prueba de Kolmogorov-Smirnov. Se utilizó la prueba para muestras relacionadas de la *t* de Student, para comparar las medias del porcentaje de grasa de la medición inicial a la medición final de cada método de medición. Todos los análisis estadísticos se consideraron con valor significancia de $p < 0.05$.

3. RESULTADOS

Las características de la composición corporal evaluados con el Bod Pod se muestran en la tabla 2, donde se encontró un aumento en la densidad corporal ($p > 0.05$) y una disminución del porcentaje grasa ($p > 0.05$) de la medición inicial a la medición final, pero sin diferencias significativas.

Tabla 2.

Análisis estadístico de la densidad corporal y porcentaje grasa de los sujetos de estudio con el Bod Pod en ambas tomas.

Mediciones	Medición inicial	Medición final	<i>t</i>
Peso (kg)	83.77 ± 7.2	83.39 ± 6.61	0.761
DC (g/cm ³)	1.062 ± 0.008	1.065 ± 0.010	-1.859
Grasa (%)	15.94 ± 3.46	14.70 ± 4.67	1.845

DC: densidad corporal; MLG: masa libre de grasa.

* $P < 0.05$.

En las ecuaciones antropométricas (Tabla 3), se encontraron aumentos significativos de la densidad corporal de la medición inicial a la medición final con las ecuaciones de Withers et al. (1987) y Durnin y Womersley (1974) ($p < 0.05$). Una vez que se consiguió la densidad corporal, se utilizó la formula de Siri en las ecuaciones antropométricas para obtener el porcentaje grasa, donde arrojaron una

disminución significativa de la medición inicial a la medición final con las ecuaciones de Withers et al. (1987) y Durnin y Womersley (1974) ($p < 0.05$).

Tabla 3.
Análisis estadístico de la densidad corporal y porcentaje grasa de los sujetos de estudio con las ecuaciones antropométricas en ambas tomas.

Ecuaciones	Medición inicial	Medición final	t
Densidad corporal (g/cm³)			
Withers et al. (1987)	1.067 ± 0.007	1.071 ± 0.007	-3.898*
Durnin y Womersley (1974)	1.055 ± 0.007	1.057 ± 0.008	-2.282*
Porcentaje grasa (%)			
Withers et al. (1987)	13.94 ± 3.46	12.12 ± 3.34	3.985*
Durnin y Womersley (1974)	19.17 ± 3.33	18.21 ± 3.74	2.131*

*P < 0.05.

4. DISCUSIÓN

Los diferentes métodos de medición para evaluar la composición corporal siempre estarán en tema de discusión y más en poblaciones activas como el alto rendimiento. El error de predicción del volumen del gas torácico del equipo Bod Pod, y el error de la técnica de medición en las valoraciones antropométricas hacen insistencia en los enfoques de varios compartimentos, en particular la determinación de la composición corporal como la masa grasa a través de la densidad corporal. Por eso se ha planteado el objetivo de realizar un seguimiento de la masa grasa a través de la densidad corporal con el método de medición de del Bod Pod y antropometría.

La composición corporal es un importante factor de la aptitud y de la salud para los deportistas, así como el examinar los cambios de masa grasa, masa libre de grasa o peso corporal durante una temporada (Fornetti, Pivarnik, Foley & Fiechtner, 1999; Warner, Fornetti, Jallo & Pivarnik, 2004). En los resultados de estos compartimentos durante un periodo de entrenamiento se reflejaron cambios significativos en una disminución del porcentaje grasa en la medición inicial a la medición final con el método de la antropometría. Al compararlos con otros estudios con deportistas de voleibol, obtuvimos resultados por encima en el compartimento de masa grasa.

Bandyopadhyay (2007), con una muestra de jugadores de voleibol, donde utilizó 9 mediciones de pliegues cutáneos con la ecuación de Jackson y Pollock (1978), se obtuvo un porcentaje grasa de 10.04, un resultado muy por debajo al de nuestro estudio con las dos ecuaciones utilizadas y en ambas tomas. Hay que recordar que en la ecuación de Jackson y Pollock (1978) se toma la medición del pliegue del pectoral, la cual puede ser una ventaja en la estimación de la masa grasa, por considerar mediciones de pliegues en todos los segmentos corporales.

En el estudio de Gaurar y Singh (2010), con voleibolistas de 18 a 25 años de edad, se utilizó la ecuación de Durnin y Womersley (1974), misma fórmula que se uso en este reciente estudio, donde se obtuvieron datos de porcentaje grasa de 13.30, muy por debajo a comparación al de nuestro estudio de las 2 mediciones obtenidas, arrojando resultados de porcentaje grasa de 19.17 y 18.21.

El pesaje subacuático es otro método para valorar la densidad corporal, Evans et al. (2001), con una muestra que se les realizó a deportistas universitarios, se les evaluó la densidad corporal (1.093 g/cm^3) a través con este método, consiguiendo un 14.6 de porcentaje grasa, valores muy parecidos al de nuestro estudio donde utilizamos el Bod Pod, método para medir la composición corporal muy similar al del pesaje subacuático. Donde obtuvimos la densidad corporal (1.062 g/cm^3 y 1.065 g/cm^3) y un porcentaje grasa de 15.94 en la medición inicial y un 14.70 en la medición final.

En el estudio de Shafer, Siders, Johnson y Lukaski (2010), con sujetos mayores de 18 años, evaluaron el porcentaje grasa a través de la densidad corporal del Bod Pod y pliegues antropométricos con la ecuación de Durnin y Womersley (1974), posteriormente se utilizó la ecuación de Siri (1961), arrojaron mayor porcentaje grasa en la ecuación antropométrica (18.84 %) que en el Bod Pod (15.86 %), resultados similares al de este estudio reciente, donde se obtuvo mayor porcentaje grasa en la ecuación antropométrica de Durnin y Womersley (1974) (19.17 % y 18.21 %) que con el Bod Pod (15.92 % y 14.72 %).

5. CONCLUSIONES

La ecuación de Withers et al. (1987) y Durnin y Womersley (1974), obtuvieron una disminución significativa en porcentaje grasa de la medición inicial a la medición final. Estas formulas pueden resultar buenos para un seguimiento del porcentaje grasa por tomar en cuenta mediciones de pliegues cutáneos en todas las zonas del cuerpo (tronco, miembros superiores e inferiores). A comparación de otras formulas como la de Sloan (1967) y Wilmore y Behnke (1969) donde el número de mediciones de pliegues es mínimo y no abarcan todas las partes del cuerpo. El Bod Pod no es el método de medición de estándar de oro en este momento como lo es la densitometría dual de rayos X (DEXA), pero es considerado como un método de calidad para la medición de la composición corporal en los deportistas. La valoración de la composición corporal con diferentes métodos de medición es de suma importancia en deportista de voleibol ya que en periodos de entrenamiento los cambios del compartimento de masa grasa son esperados por ser un ejercicio de resistencia, potencia y de alta exigencia en competición.

6. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS.

Abelenda, S. S., & Mogollón, H. A. H. (2010). Propuesta de nuevas variables antropométricas para la estimación de la grasa corporal total en adultos venezolanos. *Antropo*, (23), 89-98.

Bandyopadhyay, A. (2007). Anthropometry and body composition in soccer and volleyball players in West Bengal, India. *Journal of physiological anthropology*, 26(4), 501-505.

Brožek, J., Grande, F., Anderson, J. T., & Keys, A. (1963). Densitometric analysis of body composition: revision of some quantitative assumptions. *Annals of the New York Academy of Sciences*, 110(1), 113-140.

Coffey, V. G., & Hawley, J. A. (2007). The molecular bases of training adaptation. *Sports medicine*, 37(9), 737-763.

Dempster, P. H. I. L. I. P., & Aitkens, S. U. S. A. N. (1995). A new air displacement method for the determination of human body composition. *Medicine and science in sports and exercise*, 27(12), 1692-1697.

Durnin, J. V., & Womersley, J. V. G. A. (1974). Body fat assessed from total body density and its estimation from skinfold thickness: measurements on 481 men and women aged from 16 to 72 years. *British journal of nutrition*, 32(1), 77-97.

Evans, E. M., Prior, B. M., Modlesky, C. M., Sloniger, M. A., Saunders, M. J., Lewis, R. D., & Cureton, K. J. (2001). Muscularidad y Densidad de la Masa Libre de Grasa en Atletas-G-SE/Editorial Board/Dpto. Contenido. *PubliCE*.

Fields, D. A., Goran, M. I., & McCrory, M. A. (2002). Body-composition assessment via air-displacement plethysmography in adults and children: a review. *The American journal of clinical nutrition*, 75(3), 453-467.

Fornetti, W. C., Pivarnik, J. M., Foley, J. M., & Fiechtner, J. J. (1999). Reliability and validity of body composition measures in female athletes. *Journal of Applied Physiology*, 87(3), 1114-1122.

Forsyth, H. L., & Sinning, W. E. (1973). The anthropometric estimation of body density and lean body weight of male athletes. *Medicine and Science in Sports*, 5(3), 174-180.

Gabbett, T., & Georgieff, B. (2007). Physiological and anthropometric characteristics of Australian junior national, state, and novice volleyball players. *Journal of strength and Conditioning Research*, 21(3), 902.

Gaurav, V., & Singh, S. (2010). Anthropometric characteristics, somatotyping and body composition of volleyball and basketball players. *Journal of Physical Education and Sport Management*, 1(3), 28-32.

Jackson, A. S., & Pollock, M. L. (1978). Generalized equations for predicting body density of men. *British journal of nutrition*, 40(3), 497-504.

Katch, F. I., & McArdle, W. D. (1973). Prediction of body density from simple anthropometric measurements in college-age men and women. *Human Biology*, 445-455.

Marfell-Jones, M. J., Stewart, A. D., & De Ridder, J. H. (2012). *International standards for anthropometric assessment*.

Ode, J. J., Pivarnik, J. M., Reeves, M. J., & Knous, J. L. (2007). Body mass index as a predictor of percent fat in college athletes and nonathletes. *Medicine and science in sports and exercise*, 39(3), 403-409.

Shafer, K. J., Siders, W. A., Johnson, L. K., & Lukaski, H. C. (2010). Body density estimates from upper-body skinfold thicknesses compared to air-displacement plethysmography. *Clinical nutrition*, 29(2), 249-254.

Siri, W. E. (1961). Body composition from fluid spaces and density: analysis of methods. *Techniques for measuring body composition*, 61, 223-244.

Sloan, A. W. (1967). Estimation of body fat in young men. *Journal of Applied Physiology*, 23(3), 311-315.

Thorland, W. G., Johnson, G. O., Tharp, G. D., Housh, T. J., & Cisar, C. J. (1984). Estimation of body density in adolescent athletes. *Human Biology*, 439.

Wang, Z. M., Pierson Jr, R. N., & Heymsfield, S. B. (1992). The five-level model: a new approach to organizing body-composition research. *The American journal of clinical nutrition*, 56(1), 19-28.

Warner, E. R., Fornetti, W. C., Jallo, J. J., & Pivarnik, J. M. (2004). A skinfold model to predict fat-free mass in female athletes. *Journal of athletic training*, 39(3), 259.

Wilmore, J. H., & Behnke, A. R. (1969). An anthropometric estimation of body density and lean body weight in young men. *Journal of Applied Physiology*, 27(1), 25-31.

Withers, R. T., Craig, N. P., Bourdon, P. C., & Norton, K. I. (1987). Relative body fat and anthropometric prediction of body density of male athletes. *European Journal of Applied Physiology and Occupational Physiology*, 56(2), 191-200.

Fecha de recepción: 8/8/2019
Fecha de aceptación: 11/12/2019