

VALIDACIÓN DEL TEST DE HOFF EN FUTBOLISTAS UNIVERSITARIOS A 2600 METROS SOBRE EL NIVEL DEL MAR

VALIDATION OF THE HOFF TEST IN UNIVERSITY SOCCER PLAYERS AT 2600 METERS ABOVE SEA LEVEL

Henry-Humberto **LEÓN-ARIZA** (Universidad de la Sabana, Chía — Colombia)¹

John-Fredy **RAMÍREZ-VILLADA** (Universidad de Santo Tomás, Bogotá — Colombia)

Alveiro **SÁNCHEZ-JIMÉNEZ** (Universidad de Santo Tomás, Bogotá — Colombia)

RESUMEN

Objetivo: determinar la validez del *test de Hoff* para valorar la potencia aeróbica de futbolistas universitarios localizados a 2600 metros sobre el nivel del mar. **Métodos:** se evaluaron 20 futbolistas de género masculino (edad: $21,5 \pm 2,8$ años, peso: $70,7 \pm 6,7$ Kg, Talla: $174,8 \pm 5,8$ cm) con un test incremental en banda rodante (*laboratorio*) con estadios incrementales y el *test de Hoff* (*campo*), considerando la distancia máxima recorrida —con balón— durante 10 minutos, en un circuito de 290 metros. En ambas pruebas se evaluó el comportamiento del consumo máximo de oxígeno (VO_2), la producción de dióxido de carbono (VCO_2), la frecuencia cardiaca (FC) y la ventilación máxima (V_{max}). **Resultados:** las correlaciones encontradas entre las variables VO_{2max} ($r = 0,854$ $p < 0,01$), FC_{max} ($r = 0,660$ $p < 0,01$) y V_{max} ($r = 0,545$ $p < 0,05$) en ambas pruebas permiten sugerir su uso indistinto (*laboratorio* o en *campo*), así como establecer la validación de criterio preliminar del *test de Hoff* con jugadores de fútbol universitario.

ABSTRACT

Aim: to establish the validity of the Hoff test to assess the aerobic power of University soccer players at 2600 meters above sea level. **Methods:** 20 male soccer players (age: 21.5 ± 2.8 years, weight: 70.7 ± 6.7 Kg, height: 174.8 ± 5.8 cm) were evaluated with an incremental treadmill test (laboratory test),

¹ Correspondencia en relación con este artículo: henrylear@clinicaunisabana.edu.co, jhonramirez@usantotomas.edu.co, alveirosanchez@usantotomas.edu.co.

Agradecimientos. Al grupo de investigación en ciencias aplicadas al ejercicio físico, el deporte y la salud (GICAEDS), al Doctor Carlos Enrique Melo, a los estudiantes Jeison Salazar, Leonardo Orjuela, Sonia Anzola y William Arroba, y al laboratorio de ciencias morfofuncionales de la Facultad de Cultura Física, Recreación y Deporte de la Universidad Santo Tomás, Bogotá.

and the Hoff test (field test), maximum distance —with the ball— in 10 minutes, using a path of 290 meters. Maximum oxygen consumption (VO_{2max}), the CO_2 production (VCO_2), Heart rate (HR) and maximum ventilation (V_{max}) were evaluated in both tests. Results: correlations between the variables VO_{2max} ($r = 0.854$ $p < 0.01$), HR_{max} ($r = 0.660$ $p < 0.01$) and V_{max} ($r = 0.545$ $p < 0.05$) suggest an indistinct use of both laboratory and field tests, thereby stabilising a preliminary validation criteria for the Hoff test in university soccer players.

PALABRAS CLAVE. Potencia aeróbica; Test de *Hoff*; test de laboratorio; futbolistas universitarios; consumo de oxígeno.

KEYWORDS. Aerobic power; Hoff test; laboratory test; university soccer players; oxygen intake.

1. INTRODUCCIÓN

La evaluación fisiológica de los deportistas es una tarea común en la actualidad; en el caso del fútbol, tal vez el deporte más popular del mundo, evaluar la potencia aeróbica se ha convertido en una herramienta útil en la valoración del rendimiento deportivo.

Comparado con las últimas décadas, el fútbol se ha hecho mucho más exigente desde el punto de vista físico (Stolen, Chamari, Castagna, & Wisloff, 2005); en este sentido, las pruebas de laboratorio se convierten en una fuente importante de información sobre las características fisiológicas y la capacidad de rendimiento aeróbico – anaeróbico del futbolista (Åstrand, Rodahl, Dahl, & Strømme, 2003).

En varias ocasiones, se ha demostrado la correlación existente entre la potencia aeróbica expresada en valores de consumo máximo de oxígeno (VO_{2max}) y otras variables como el nivel competitivo, la calidad del juego, la distancia cubierta durante el juego, el tiempo en actividades de alta intensidad, el número de sprints y el número de toques del balón durante el juego (Impellizzeri, Rampinini, & Marcora, 2005).

La medición del intercambio de gases pulmonares (volumen de oxígeno “ O_2 ” y volumen de dióxido de carbono “ CO_2 ”) durante un test maximal en trotadora, ha sido considerado el “*gold standard*” en la evaluación del VO_{2max} . Sin embargo las pruebas realizadas en el laboratorio presentan dificultades a la hora de evaluar las respuestas fisiológicas bajo condiciones reales de juego, lo cual ha llevado a sugerir que las capacidades físicas sean evaluadas en condiciones similares a las experimentadas en el campo (Currell & Jeukendrup, 2008).

Dentro del campo de juego, varias pruebas han sido utilizadas para la cuantificación de la capacidad aeróbica; entre éstas, la prueba de multi estadios (carrera de 20 metros), desarrollada inicialmente por Leger y Lambert en 1982 (Leger & Lambert, 1982) y modificada en 1988 (Leger, Mercier, Gadoury, & Lambert, 1988); el *Yo-yo test*, desarrollado por Bangsbo, Laia y Krstrup (2008), el cual constituye una modificación de la prueba original de Leger, la cual incluye pausas. Recientemente se han publicado nuevas variaciones del mismo test, con recorridos no lineales empleando desplazamientos en cuadrado (Daron y col, 2012).

Tabla I. Perfil general del grupo valorado

Variables	n=20 Media±DE	Mínimo	Máximo
Edad (años)	21,5±2,8	17,0	28,0
Peso (Kg)	70,7±6,7	51,4	83,2
Talla (cm)	174,8±5,8	160,0	187,0
IMC (Kg/m ²)	23,1±1,9	19,6	26,6
Grasa (%)	12,6±3,1	8,7	19,5

Valores expresados como media ± Desviación Estándar

Los criterios de inclusión tenidos en cuenta para la participación del estudio incluyeron: la edad, el género, la filiación a la Universidad, la participación voluntaria, no beber o consumir sustancias que pudieran alterar las pruebas veinticuatro horas antes. Además fueron excluidos del estudio todos aquellos sujetos que presentaran lesiones en miembros inferiores, problemas cardiovasculares –arritmias sinusales, bloqueos auriculo ventriculares (AV) de cualquier tipo, soplos no estudiados por ecocardiografía, y cualquier otra condición patológica cardiovascular no estudiada–, prótesis, o que no registraran una práctica continua de fútbol, mínima de dos años.

De cara a garantizar el respeto por el uso de la información y la integridad de los pacientes, todos los deportistas fueron informados del tipo de estudio, las pruebas y los riesgos potenciales. El uso de los datos por parte de los deportistas fue aprobado a través de la firma y huella digital. Todos los procedimientos fueron aprobados por la comisión de ética de la Universidad Santo Tomás.

Descripción de los procedimientos

Se siguieron las normas e indicaciones establecidas por la Sociedad Internacional para el Avance de la Cineantropometría (ISAK) y el Grupo Español de Cineantropometría (GREC) (Esparza RF & Alvero JR, 1993). Las variables medidas fueron: el peso, la talla, los pliegues cutáneos (tríceps, supracrestal, abdominal, subescapular, muslo y pierna), el perímetro del brazo, muslo y pierna, así como diámetro biepicondileo del húmero y bicondileo del fémur. Se estimó el porcentaje de grasa con la ecuación de Yuhasz (Yuhasz, 1974) y el índice de masa corporal por Quetelet (Quetelet, 1871). El instrumental empleado fue un plicómetro Holtain®, una cinta métrica Stanley®, paquímetro tipo Berfer®, estadiómetro tipo Faga® y báscula modelo Tanita®.

Confiabilidad y validez de los datos de composición corporal: los errores intraobservador e interobservador fueron calculados para todas las medidas antes y después del periodo de experimentación con una confiabilidad estimada entre las mediciones superior al 95%. Adicionalmente, las sesiones de evaluación fueron realizadas con una prueba a ciegas, es decir, los evaluadores no estuvieron en contacto con los formatos de recolección de información, siguieron una secuencia de medición y emplearon las demarcaciones anatómicas como único elemento de referencia general.

Las condiciones de las pruebas fueron controladas antes, durante y después de su ejecución. Las pruebas de laboratorio y de campo fueron realizadas en horas de la mañana evitando el consumo de bebidas gaseosas y cafeína en las horas previas a al esfuerzo físico y controlando la hidratación antes y después de la aplicación de los protocolos.

Antes de presentar las pruebas los sujetos descansaron de actividad física 48 horas, y entre las pruebas de laboratorio y de campo 3 días completos, de cara a neutralizar el efecto de la fatiga.

Test de banda rodante (Treadmill)

Todos los sujetos fueron sometidos a una fase de calentamiento durante 10 minutos (inclinación constante del 2%) y a ejercicios de estiramiento previos a la aplicación del protocolo. El test comenzó con una velocidad de 6,0 km·h⁻¹, cada minuto la velocidad se incrementó en 1km·h⁻¹. Los criterios utilizados para determinar el VO_{2max} incluyeron: meseta en el comportamiento del VO₂, un cociente respiratorio (RER) superior a 1,15 o la incapacidad para mantener el esfuerzo (Åstrand et al., 2003).

Test de Hoff

Antes de la realización del test de Hoff (figura 1) todos los deportistas hicieron una fase de calentamiento en el terreno de juego, en el que se incluyeron desplazamientos, cambios de ritmo y dirección con balón. Es fundamental resaltar que a todos los deportistas se les permitió familiarizarse previamente con el recorrido.

Tanto en protocolo de banda rodante (laboratorio) como el test de Hoff (campo) los sujetos portaron un ergoespirómetro (METAMAX® 3B), con un rango de transmisión vía Wireless de más de 1000 metros, intercomunicado a un computador portátil vía telemetría de alcance máximo a 500 metros periféricos que permitió recolectar los datos fisiológicos.

En ambos protocolos los participantes fueron informados del tiempo que llevaban y se les animó verbalmente a realizar su mejor esfuerzo para la distancia recorrida.

Análisis estadístico

El análisis estadístico se realizó utilizando SPSS v.18 (Chicago, IL, USA) y MedCal 12.2.1.0. La descripción estadística se presentó en forma de promedios y desviaciones estándar. La prueba de Shapiro-Wilk fue utilizada para verificar la normalidad de distribución de los datos. La prueba de *T-Student*, para muestras pareadas fue utilizada para verificar las diferencias entre las variables medidas tanto en la prueba de campo como en la de laboratorio. Se analizó la correlación entre las variables mediante la prueba de coeficiente de *Pearson* y los resultados se denominaron según la clasificación de *H Sampieri*: no existe correlación = $r < 0,1$, débil = $0,1 < r < 0,5$, media = $0,5$, considerable = $0,75$, muy fuerte = $0,9$ y perfecto $r = 1$ (Hernandez & Fernández, 1991). La concordancia entre los datos se presentó mediante gráficos de *Bland-Altman* (Bland & Altman, 1986), la significancia estadística establecida fue de $p < 0,05$.

3. RESULTADOS

En la tabla II se presenta un resumen de los resultados del test de campo (C) y de laboratorio (L), donde solo se presentó diferencia estadística en el comportamiento del VCO₂ máximo exhalado (3,80 L·min⁻¹ en campo y 4,31 L·min⁻¹ en laboratorio, t: -6,127 y p<0,05), en tanto las otras variables -VO_{2max} absoluto, VO_{2max} relativo, V_{max}, FC_{max} y Frecuencia respiratoria máxima (FR_{max})- no presentaron diferencias estadísticamente significativas.

Tabla II. Descripción estadística de los resultados en la prueba de campo y las pruebas de laboratorio

Variables	n=20 Media±DE	95% Intervalo de confianza para la diferencia		Valor "t" Student	Valor "p"
		Inferior	Superior		
VO ₂ (L·min ⁻¹) (C)	3,75±0,48	-0,163	0,050	-1,118	0,277
VO ₂ (L·min ⁻¹) (L)	3,81±0,43				
VO ₂ (ml·Kg ⁻¹ ·min ⁻¹) (C)	52,77±6,06	-2,243	0,728	-1,067	0,299
VO ₂ (ml·Kg ⁻¹ ·min ⁻¹) (L)	53,52±4,88				
VCO ₂ (L·min ⁻¹) (C)	3,80±0,50	-0,677	-0,332	-6,127	0,000*
VCO ₂ (L·min ⁻¹) (L)	4,31±0,43				
VE (L·min ⁻¹) (C)	152,04±18,57	-8,513	7,333	-0,156	0,878
VE (L·min ⁻¹) (L)	152,63±16,77				
FC _{max} (Lat·min ⁻¹) (C)	191,35±7,02	-3,459	2,259	-0,439	0,665
FC _{max} (Lat·min ⁻¹) (L)	191,95±7,72				
FR _{max} (Resp·min ⁻¹) (C)	64,48±9,01	-0,411	9,151	1,913	0,071
FR _{max} (Resp·min ⁻¹) (L)	60,11±11,14				

DE: Desviación Estándar, (C): Prueba de campo, (L): Prueba de laboratorio, VO₂: Consumo de oxígeno, VCO₂: producción de CO₂, VE: Ventilación, FC_{max}: Frecuencia cardiaca máxima, FR_{max}: Frecuencia respiratoria máxima *p < 0,05.

Los valores de VO₂ absoluto (L·min⁻¹) y VO₂ relativo al peso corporal (ml·Kg⁻¹·min⁻¹), entre las pruebas de campo y las pruebas de laboratorio, revelan correlaciones muy fuertes cercanas a la unidad (r = 0,881 p < 0,05 y r = 0,854 p < 0,05 respectivamente). Los datos de VCO₂ y FC_{max} presentan correlaciones considerables (r = 0,696 p < 0,05 y r = 0,660 p < 0,05 respectivamente) y, por último, las variables ventilación y frecuencia respiratoria describen una correlación moderada (r = 0,545 p = 0,01 y r = 0,503 p = 0,02 respectivamente), observable en la tabla III.

Tabla III. Correlaciones entre las variables analizadas

Variables	Pearson (r)	Valor
VO ₂ Absoluto: Campo vs laboratorio	,881	,000*
VO ₂ Relativo: Campo vs laboratorio	,854	,000*
VCO ₂ Absoluto: Campo vs laboratorio	,696	,001*
Ventilación: Campo vs laboratorio	,545	,013*
Frecuencia cardíaca máxima: Campo vs laboratorio	,660	,002*
Frecuencia respiratoria: Campo vs laboratorio	,503	,024*

*p < 0.05

La figura 2 presenta los gráficos de *Bland-Altman* para las variables mejor relacionadas (VO₂ absoluto, VO₂ relativo, VCO₂ y Frecuencia cardíaca) lo cual soporta la relación descrita entre cada una de las variables.

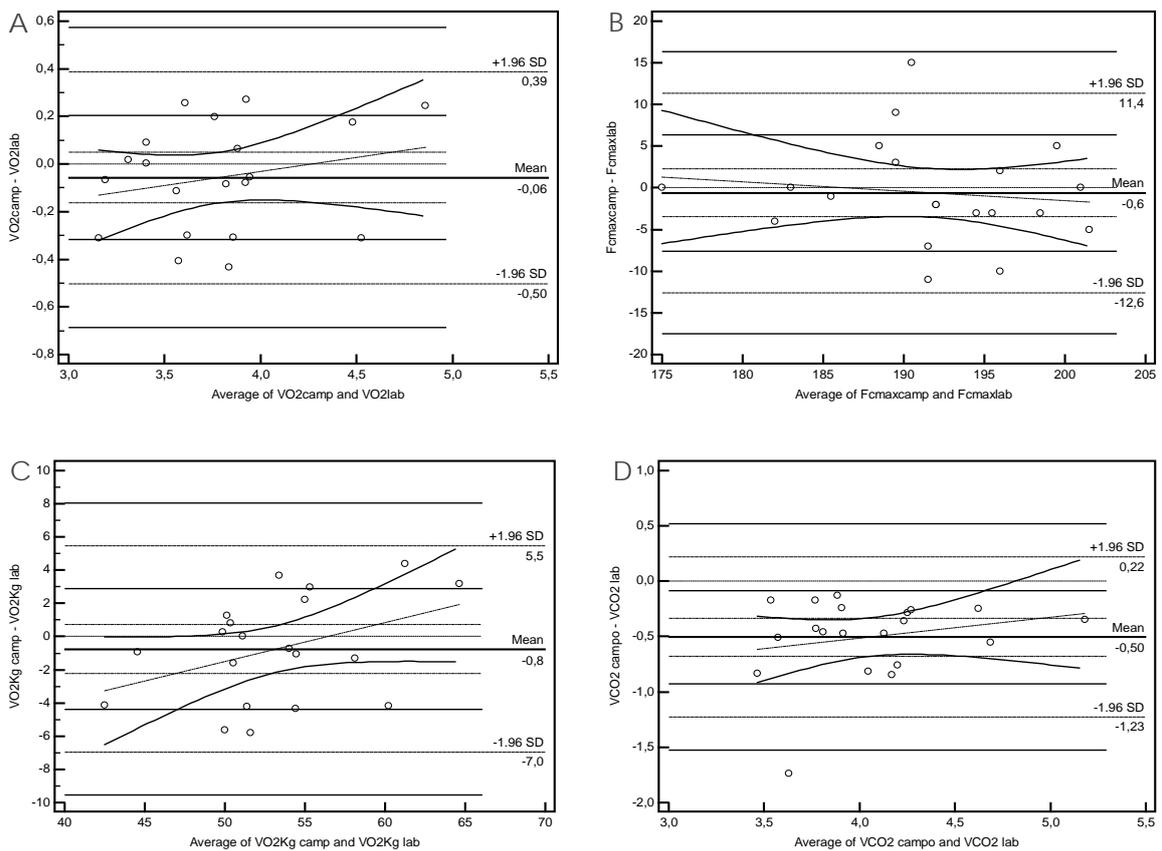


Figura 2: Gráficos de Bland-Altman, A. Consumo máximo absoluto de oxígeno en campo y laboratorio, B. Frecuencia cardíaca máxima en campo y laboratorio, C. Consumo máximo de oxígeno relativo en campo y laboratorio, D. Producción de CO₂ en campo y laboratorio.

4. DISCUSIÓN

Los valores de consumo máximo de oxígeno (absoluto y relativo), fueron ligeramente superiores en la prueba de laboratorio que en la prueba de campo: $0,06 \text{ L}\cdot\text{min}^{-1}$ de $\text{VO}_{2\text{max}}$ Absoluto o $0,75 \text{ ml}\cdot\text{Kg}^{-1}\cdot\text{min}^{-1}$ de $\text{VO}_{2\text{max}}$ relativo, estando muy cerca a la variación típica de las pruebas de esfuerzo (Åstrand y col., 2003). Lo que demuestra la cercanía observada en los valores mediante las dos pruebas utilizadas en los deportistas.

Los valores alcanzados en laboratorio de ($\text{VO}_{2\text{max}} = 53,5 \pm 4,9 \text{ ml}\cdot\text{Kg}^{-1}\cdot\text{min}^{-1}$), son ligeramente inferiores a los observados en futbolistas profesionales costarricenses ($\text{VO}_{2\text{max}} = 57,7 \pm 8,8 \text{ ml}\cdot\text{Kg}^{-1}\cdot\text{min}^{-1}$) (Sánchez & Salas, 2009) y chilenos ($\text{VO}_{2\text{max}} = 56,2 \pm 5,7 \text{ ml}\cdot\text{Kg}^{-1}\cdot\text{min}^{-1}$) (Urzua, Von Oetinger, & Cancino, 2009), de edad similar, pero difieren en gran medida con los datos publicados en otras partes del mundo donde los valores alcanzan los $70 \text{ ml}\cdot\text{Kg}^{-1}\cdot\text{min}^{-1}$ (Stolen y col., 2005). En futbolistas universitarios un estudio realizado en Inglaterra mostró un $\text{VO}_{2\text{max}}$ de $57,8 \pm 4,0 \text{ ml}\cdot\text{Kg}^{-1}\cdot\text{min}^{-1}$ (Drust, Reilly, & Cable, 2000), el cual sigue siendo un valor superior al encontrado en nuestra población; en razón de la importancia ya documentada (Impellizzeri y col., 2005) que tiene una buena capacidad aeróbica en el rendimiento deportivo del futbolista merece ser tomada en cuenta dentro de la planificación del entrenamiento deportivo universitario.

Los resultados que permiten la validación del test de Hoff se suman a los encontrados por Chamari y colaboradores (2005), quien comparó los resultados de $\text{VO}_{2\text{max}}$ en laboratorio vs la distancia alcanzada en el test de Hoff en futbolistas menores de 15 años donde se encontró una ($r = 0.68 \text{ p} < 0.01$) y los resultados de Nassis y col., quienes compararon los resultados de FC_{max} y lactato máximo obtenidos en el test de Hoff vs el Yo-yo test encontrando una $r = 0.49 \text{ p} < 0.05$, lo cual sigue fortaleciendo la utilización de este test en la evaluación de la capacidad aeróbica de los futbolistas.

Por último, los datos fisiológicos arrojados por los deportistas evaluados, así como las relaciones encontradas no evidenciaron grandes cambios entre los datos a 2600 metros sobre el nivel del mar y los encontrados a nivel del mar. En general se considera, que la hipoxia hipobárica lleva a una menor resistencia aeróbica, especialmente en sedentarios (Boning y col., 2001), sin embargo es claro que esta condición es compensada crónicamente con múltiples adaptaciones, especialmente a nivel muscular (Wadley y col., 2006). Son necesarias comparaciones con deportistas en similares condiciones con las que se logre determinar la real influencia de la altitud en comportamiento de la potencia aeróbica en futbolistas.

5. CONCLUSIONES

El aporte más importante de este estudio está en demostrar que la utilización de un test de campo (*test de Hoff*), poco utilizado en nuestro medio, y que evalúa en condiciones reales de juego al deportista, puede ser utilizado en la evaluación de la potencia aeróbica de futbolistas universitarios y probablemente profesionales; esta afirmación es posible gracias a que los resultados obtenidos en diferentes variables

fisiológicas que la soportan y, de otra parte, el test de campo agrega un fuerte componente motivacional en su ejecución.

Aunque es ampliamente descrita la influencia de la altura en el redimiendo deportivo, deportistas con alto grado de exposición a la hipoxia, parecen compensar crónicamente con adaptaciones fisiológicas dichos efectos, haciendo que se minimice su efecto deletéreo.

BIBLIOGRAFÍA

- Åstrand, P. O., Rodahl, K., Dahl, H., y Strømme, S. (2003). *Textbook of work physiology: physiological bases of exercise*. (4th ed.) Windsor (Canada): Human Kinetics.
- Bangsbo, J., Iaia, F. M., y Krstrup, P. (2008). The Yo-Yo intermittent recovery test : a useful tool for evaluation of physical performance in intermittent sports. *Sports Med*, 38(1), 37-51.
- Bland, J. M. y Altman, D. G. (1986). Statistical methods for assessing agreement between two methods of clinical measurement. *Lancet*, 327(8476), 307-310.
- Boning, D., Rojas, J., Serrato, M., Ulloa, C., Coy, L., Mora, M. et al. (2001). Hemoglobin mass and peak oxygen uptake in untrained and trained residents of moderate altitude. *Int.J Sports Med*, 22(2), 572-578.
- Chamari, K., Hachana, Y., Kaouech, F., Jeddi, R., Moussa-Chamari, I., y Wisloff, U. (2005). Endurance training and testing with the ball in young elite soccer players. *Br.J Sports Med*, 39(1), 24-28.
- Currell, K., y Jeukendrup, A. E. (2008). Validity, reliability and sensitivity of measures of sporting performance. *Sports Med*, 38(4), 297-316.
- Daron, L. B., Osiecki, R., Dourado, A. C., Stanganelli, L. C. R., Fornaziero, A. M., y Osiecki, A. C. (2012). Maximum Aerobic Power Test for Soccer Players. *JEPonline*, 15(2), 80-89.
- Drust, B.; Reilly, T., y Cable, N. T. (2000). Physiological responses to laboratory-based soccer-specific intermittent and continuous exercise. *J Sport Sci*, 18(11), 885-892.
- Esparza, R. F., y Alvero, J. R. (1993). *Manual de Cineantropometría*. España: Federación Española de Medicina del Deporte (FEDEME).
- Hernandez, S. R., y Fernández, C. C. (1991). *Metodología de la investigación*. (Primera ed.) México: McGraw-Hill Interamericana.
- Hoff, J., Wisloff, U., Engen, L. C., Kemi, O. J., y Helgerud, J. (2002). Soccer specific aerobic endurance training. *Br.J Sports Med*, 36(3), 218-221.
- Impellizzeri, F., Rampinini, E., y Marcora, S. (2005). Physiological assessment of aerobic training in soccer. *J Sport Sci*, 23(6), 583-592.
- Leger, L. A., y Lambert, J. (1982). A maximal multistage 20-m shuttle run test to predict VO₂ max. *Eur.J Appl.Physiol Occup.Physiol*, 49(1), 1-12.
- Leger, L. A., Mercier, D., Gadoury, C., y Lambert, J. (1988). The multistage 20 metre shuttle run test for aerobic fitness. *J Sports Sci*, 6(2), 93-101.
- Nassis, G. P., Geladas, N. D., Soldatos, Y., Sotiropoulos, A., Bekris, V., y Souglis, A. (2010). Relationship between the 20-m multistage shuttle run test and 2 soccer-specific field tests for the assessment of aerobic fitness in adult semi-professional soccer players. *J Strength Cond Res*, 24(10), 2693-2697.

- Quetelet, A. (1871). *Anthropométrie, ou Mesure des différentes facultés de l'homme*. Brussels.
- Sánchez, B. y Salas, J. (2009). Determinación del consumo máximo de oxígeno del futbolista costarricense de primera división en pretemporada 2008. *MHSalud*, 6(2), 1-5.
- Stolen, T., Chamari, K., Castagna, C., y Wisloff, U. (2005). Physiology of soccer: an update. *Sports Med.*, 35(6), 501-536.
- Urzua, R., Von Oetinger, A., y Cancino, J. (2009). Potencia aeróbica máxima, fuerza explosiva del miembro inferior y peak de torque isocinético en futbolistas chilenos profesionales y universitarios. *Cronos*, VIII(14), 42-52.
- Wadley, G. D., Lee-Young, R. S., Canny, B. J., Wasuntarawat, C., Chen, Z. P., Hargreaves, M. et al. (2006). Effect of exercise intensity and hypoxia on skeletal muscle AMPK signaling and substrate metabolism in humans. *Am J Physiol Endocrinol Metab*, 290(4), E694-E702.
- Yuhasz, M. S. (1974). *Physical Fitness Manual*. London Ontario: Universidad de Western Ontario.