PubliCE, (PubliCE) 2003

Research

El Umbral Ventilatorio y el Umbral de Lactato Reflejan el Nivel de Entrenamiento de Jugadores de Fútbol Profesionales mientras que la Potencia Aeróbica Máxima se Mantiene sin Cambios

A. M Edwards[1], Niall Clark[2] y Anthony M Macfadyen[1]

[1]*Physical Education and Sport, Institute of Education, Reading University, Reading, Reino Unido.*
[2]*Reading Football Club, Majedski Stadium, Reading, Reino Unido.*

RESUMEN

El propósito de este estudio fue investigar la potencia aeróbica máxima (VO_2 máx.) y el umbral anaeróbico (AT) como determinantes del nivel de entrenamiento entre jugadores de fútbol profesionales. Doce jugadores profesionales de sexo masculino de la 1º división Británica (edad: 26±3.3 años, masa corporal: 79.3±9.4 kg) acordaron participar en el estudio y dieron su consentimiento informado por escrito. Todos los sujetos completaron un test combinado para evaluar la potencia aeróbica y el umbral anaeróbico (AT) en dos ocasiones: Test 1) luego de 5 semanas de actividad de baja intensidad al final del período de transición y Test 2) inmediatamente después de la finalización de la temporada de competencias. El AT fue valorado a través del umbral de lactato (LT) y del umbral ventilatorio (VT). No se observaron cambios en el VO_2 máx entre el Test 1 y el Test 2 (63.3±5.8 ml/kg/min vs. 62.1±4.9 ml/kg/min respectivamente), sin embargo la tolerancia al ejercicio (ET) en el VO_2 máx se incrementó significativamente desde el Test 1 al Test 2 (204±54 vs. 228±68 s, respectivamente) ($p<0.01$). El consumo de oxígeno en el LT se incrementó significativamente en el Test 2 vs. el Test 1 ($p<0.01$). El VT también se incrementó significativamente ($p<0.05$). No se observaron diferencias significativas en el VO_2 (ml/kg/min) correspondiente al LT y al VT. Los resultados de este estudio muestran que el VO_2 máx fue un indicador menos sensible del nivel de entrenamiento en jugadores profesionales de fútbol que el LT o el VT.

Palabras Clave: VO2 máx, umbral anaeróbico, umbral de lactato, umbral ventilatorio

INTRODUCCION

Las mediciones fisiológicas de la potencia aeróbica máxima (VO_2 máx) y del umbral anaeróbico (AT) han sido utilizadas comúnmente para monitorear la aptitud física y el nivel de entrenamiento de los deportistas. En el fútbol, estudios previos

han demostrado que los jugadores con una mayor potencia aeróbica máxima cubren una mayor distancia durante el partido (Bangsbo et al., 1994) y también completan mayor cantidad de esprints (Smaros, 1980). Se ha reportado previamente que la intensidad promedio de trabajo durante un partido de fútbol es ~ 75% del VO_2 máx, lo que se asemeja a los valores característicos del AT (Reilly 1994, Bangsbo et al. 1994). Es por esto que probablemente a pesar del diseño no específico para el deporte de los tests para la medición, tanto del VO_2 máx como del AT, los mismos son importantes para los jugadores de fútbol. Se ha reportado que la media de VO_2 máx para jugadores de fútbol de elite se encuentra en la región de 55 a 65 ml/kg/min (Ekblom, 1986; Reilly and Thomas 1975; Nowacki et al., 1988). Sin embargo, estos valores son relativamente modestos en comparación con los observados en deportistas de resistencia de elite, tales como remeros, ciclistas y corredores (Costill et al., 1976; Saltin et al., 1967). Hasta cierto punto, esto puede ser explicado a través del alto volumen de partidos jugados durante la temporada competitiva que reducen la oportunidad de entrenar la aptitud aeróbica. También es probable que los jugadores de fútbol de elite sean exitosos debido a que tienen una buena, aunque no excepcional, fortaleza física general y por lo tanto son capaces de responder con eficiencia a las diversas demandas del juego.

Los tests de AT pueden ser utilizados para caracterizar los efectos del entrenamiento, evaluar la aptitud física y establecer la intensidad relativa del entrenamiento en deportes en los cuales el metabolismo aeróbico es de crucial importancia (Allen et al., 1985; Bishop et al., 1998; Brettoni et al., 1989). Se ha sugerido, que en los deportes de resistencia, el AT puede ser un mejor indicador de la resistencia aeróbica que el VO_2 máx, ya que el AT puede cambiar sin que se produzcan cambios en el VO_2 máx. (Allen et al., 1985; Bishop et al., 1998). Para el rendimiento en el fútbol, esto puede significar que un jugador con un mayor AT puede ser capaz de cubrir mayores distancias durante un partido, en comparación con los menos entrenados aeróbicamente, a una mayor intensidad y sin la acumulación de lactato. Para la detección del AT, se han utilizado varias técnicas y criterios que involucran la medición de la concentración de lactato (ADAPT, 1995; Beaver et al., 1985; Ivy et al 1980; Kinderman et al., 1979) y de parámetros ventilatorios durante el ejercicio (Wasserman, 1978; Beaver et al., 1986a). La medición del AT utilizando la concentración sanguínea de lactato ha estado dirigida a identificar tanto el incremento inicial en el lactato por encima de la concentración basal (LT) o la utilización de un punto fijo a 4 mmol/L (OBLA). El OBLA ha sido ampliamente utilizado para identificar cambios en el nivel de entrenamiento, sin embargo, su uso ha sido criticado debido a la gran variabilidad observada entre los sujetos (Coyle, 1995), y también debido a que pude ser el resultado no solo de la anaerobiosis muscular sino también de la reducción del *clearance* total del lactato o del incremento en la producción de lactato en músculos específicos (Hermansen, 1971). El LT representa el primer punto de quiebre en la curva del lactato a partir del nivel de reposo y al parecer es consistente con el umbral ventilatorio (VT) descripto por el método de la pendiente V (Beaver et al., 1986a), y por ello, aunque el LT y el VT son independientes uno del otro, es probable que exista un vínculo entre los cambios ventilatorios y los eventos celulares. No obstante, existe evidencia para sugerir que cualquier punto de la curva de concentración de lactato durante el ejercicio puede ser utilizado como un índice de rendimiento (Tokmakidis et al., 1998). El propósito de este estudio fue examinar si existen diferencias en las mediciones del VO_2 máx. y del AT realizadas en el laboratorio entre el período de transición y el período competitivo en jugadores de fútbol profesionales.

METODOS

Sujetos

Doce jugadores profesionales de fútbol de la 1ra división del fútbol Británico (edad: 26.2±3.3 años, talla: 1.77±0.05 cm, masa corporal: 79.3±9.4 kg) acordaron participar en este estudio y dieron su consentimiento por escrito de acuerdo con los requerimientos del Comité de Ética de la Universidad.

Nivel de Entrenamiento

Test 1 - Período de Transición

El propósito del período de transición fue permitir que los jugadores se recuperaran luego de la rigurosa temporada competitiva a la vez que realizaban la suficiente cantidad de ejercicio como para que mantuvieran un adecuado nivel de aptitud física para el desarrollo de la pretemporada. El período de transición de 9 semanas fue reducido a 5 semanas debido a los partidos promocionales de posttemporada. Durante el período de 5 semanas, se requirió que todos los jugadores que completaran 2 carreras aeróbicas por semana (1 x 80-90% de la HRmáx durante 25 minutos y 1 x 60-70% de la HRmáx durante 25 minutos), y una sesión de entrenamiento de la fuerza de intensidad moderada utilizando ejercicios para los grupos principales del tren superior e inferior (4x12 con el 50% de 1RM).

Test 2 - Período Competitivo

Luego de finalizar el período transitorio, los sujetos completaron un total de 14 horas de entrenamiento efectivo por semana en la fase de pretemporada y todos los sujetos completaron todo, o parte, de 3 juegos competitivos durante este período. El énfasis en la fase de pretemporada fue puesto en recuperar, y si era posible, incrementar el nivel de aptitud física antes de la nueva temporada competitiva. Durante la temporada competitiva, una semana promedio de entrenamiento consistía de 6 prácticas de 2 horas cada una y de juegos para el entrenamiento de aspectos técnicos y tácticos. Durante esta fase de la temporada las oportunidades para el entrenamiento específico de la aptitud física fueron mínimas. El número total de juegos competitivos para el primer equipo durante la temporada fue de 53 y los sujetos que participaron en este estudio completaron una media de 32 (±6) juegos.

Protocolo de Ejercicio

Todos los sujetos completaron un test combinado para la evaluación del umbral anaeróbico (AT) y de la capacidad aeróbica (VO_2 máx.) en dos ocasiones: Test 1) luego de las cinco semanas de actividad física de baja intensidad al final del período de transición y Test 2) inmediatamente después de concluir la temporada competitiva. Todos los tests fueron llevados a cabo en una cinta ergométrica controlada por computadora (Woodway PPS 55, Alemania) y estuvieron comprendidos de una serie de etapas en las cuales la velocidad se incrementó progresivamente cada 3.5 minutos hasta un máximo de 4.03 m/s. Cada test comenzó con una entrada en calor de 2 minutos durante la cual los sujetos caminaron a un ritmo de 0.97 m/s seguido de 3 minutos a 2.78 m/s antes de la primera etapa del test. El test fue diseñado para permitir que los sujetos alcanzaran un estado aeróbico estable dentro de los 3 minutos en cada etapa con un período de 30 s adicionales en cada etapa para la recolección de las muestras de sangre. Durante cada período de 30 s los sujetos estuvieron quietos antes de iniciar la siguiente etapa de 3 minutos. Luego de la etapa final de 3 minutos a 4.03 m/s, la inclinación de la cinta se incrementó en un 2% por minuto hasta que se observara una estabilización en el VO_2, luego de lo cual el sujeto completaba el ejercicio máximo a velocidad constante (Figura 1). Para establecer que un sujeto había alcanzado la potencia máxima se utilizaron los criterios de la Asociación Británica de Ciencias del Ejercicio y del Deporte (1997) y el tiempo de tolerancia al ejercicio fue calculado a partir del pico inicial en el VO_2 hasta el fin de la estabilización del VO_2 cuando el sujeto era incapaz de continuar manteniendo una velocidad constante.

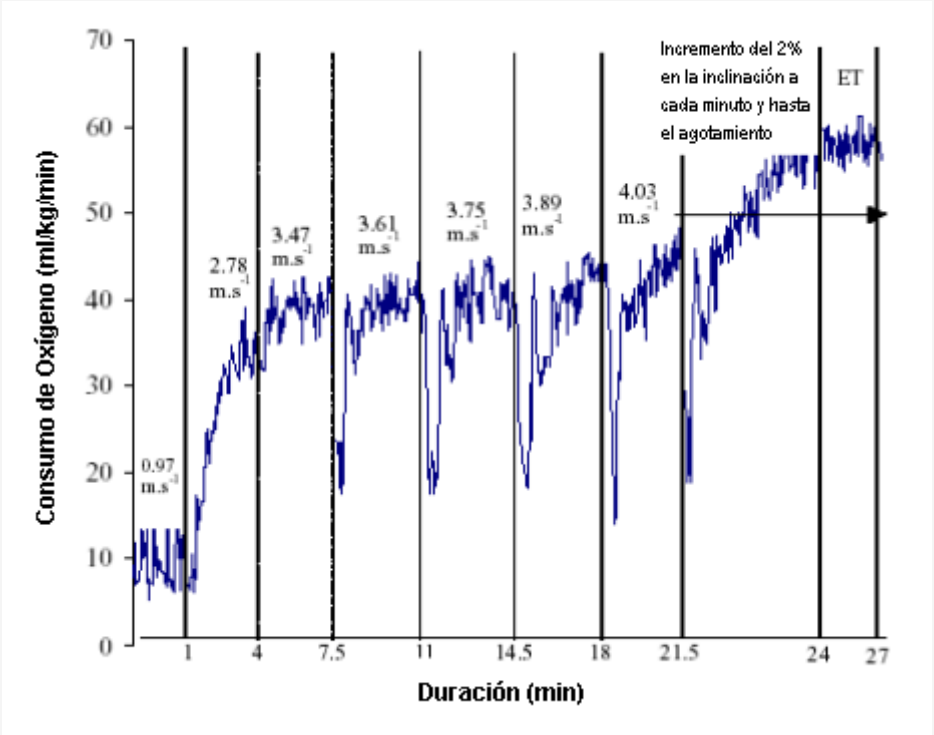


Figura 1. *Consumo de oxígeno recolectado respiración por respiración (VO_2) para un solo sujeto en respuesta al test combinado para la evaluación de la potencia aeróbica y del umbral anaeróbico.*

El umbral anaeróbico fue valorado con el consumo de oxígeno correspondiente tanto al umbral de lactato sanguíneo (LT) como al umbral ventilatorio (VT). El LT fue expresado como el VO_2 observado inmediatamente después del incremento de 0.4 mM en la concentración de lactato por encima del valor basal (ADAPT, 1995) mientras que el VT fue identificado

mediante el método de la pendiente V descripto por Beaver et al (1986).

Mediciones de los Parámetros de Intercambio Respiratorio

El VO_2, VCO_2 y la V_E fueron medidos respiración por respiración utilizando un dispositivo Cortex 3B Metalyser (Cortex Biophysik Alemania).

Extracción de las Muestras de Sangre y Mediciones Antropométricas

Las muestras de sangre fueron extraídas de la punta de los dedos. Se realizó una pequeña incisión utilizando una lanceta descartable (Mirotainer; Becton Dickinson, NJ, Estados Unidos). Las muestras de sangre fueron recolectadas en los períodos de 30 s entre cada etapa de 3 min y fueron analizadas inmediatamente para determinar la concentración de lactato utilizando un analizador Analox GM7 (Analox Instruments, London, Reino Unido).

La grasa corporal fue valorada mediante la técnica de impedancia bioeléctrica (Tanita TBF-551 Body composition scales). La temperatura ambiente fue mantenida entre 16-18ºC y las mediciones fueron llevadas a cabo los mismos días de las sesiones de evaluación. Se les permitió a los sujetos consumir 2 ml/kg de peso corporal de agua en la hora previa al comienzo de los test para estandarizar los niveles de hidratación. La masa corporal y el peso fueron calculados utilizando técnicas de medición estándar de laboratorio.

Análisis Estadísticos

Para examinar las diferencias entre el Test 1 y el Test 2 se utilizó la prueba t de Student para datos apareados.

RESULTADOS

No se observaron cambios en el VO_2 máx entre el Test 1 y el Test 2, aunque se registró una media menor en el Test 2 (Tabla 1). La duración total del test se incrementó significativamente desde el Test 1 al Test 2 (27.5±1.4 min y 28.1±1.5 min respectivamente, $p<0.05$) y la tolerancia al ejercicio (ET) en el VO_2 máx. también se incremento en el Test 2 momento en el cual los jugadores tenían un mayor nivel de entrenamiento ($p<0.01$) (Tabla 1). En la Figura 1 puede observarse el tiempo de tolerancia al ejercicio para un solo sujeto. La masa corporal se redujo significativamente desde el período de transición hasta el final de la temporada competitiva (79.3±9.36 kg, 77.2±6.34 kg, respectivamente) ($p<0.05$) y el porcentaje de grasa Corporal también se redujo significativamente para el Test 2 (12.3±3.11 %y 11.8±2.4 %) ($p<0.01$).

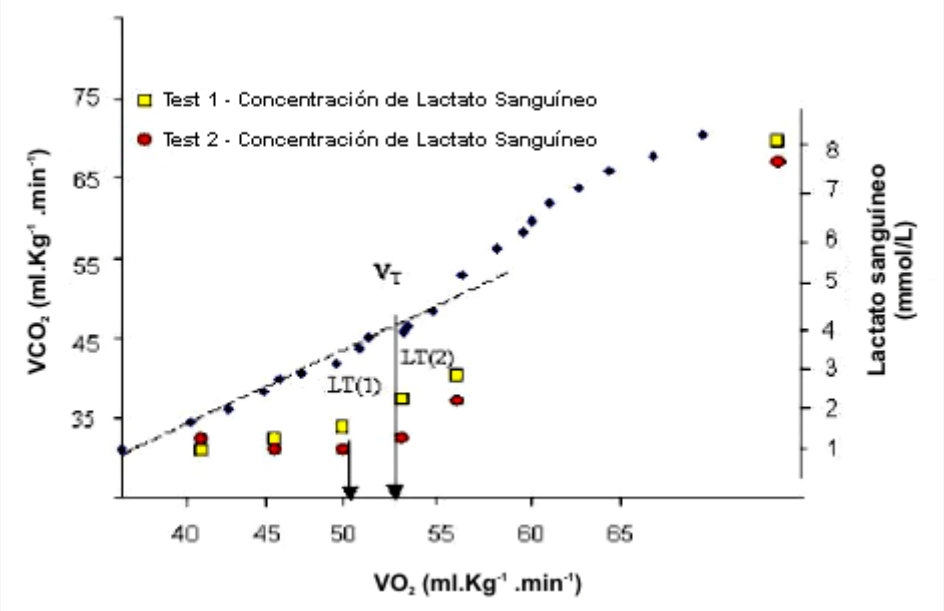


Figura 2. *Respuesta del lactato sanguíneo e intercambio de gases para un único sujeto en respuesta al test combinado para la evaluación del umbral anaeróbico (AT) y de la potencia aeróbica máxima (VO_2 máx). VT=umbral ventilatorio, LT (1)=umbral de lactato*

(Test 1), LT (2)=umbral de lactato (Test 2).

	Test 1	Test 2
VO_2max	63.3 (5.77)	62.1 (4.93)
ET	204 (54)	228 (68) **

Tabla 1. *Consumo máximo de oxígeno (VO_2 máx. ml/kg/min) y tiempo de tolerancia al ejercicio (ET, segundos) en el VO_2 máx. luego del período de transición (Test 1, n=12) y del período competitivo (Test 2, n=12). Los datos son presentados como medias (DE). ** Indica diferencia significativa (p<0.01) entre el Test 1 y el Test 2.*

El umbral anaeróbico, definido como el consumo de oxígeno al LT se incrementó significativamente en el Test 2 (p<0.01) (Figura 2), lo cual también fue el caso para el VT (p<0.05) (Tabla 2). El porcentaje de VO_2 máx al LT se incrementó significativamente desde el Test 1 al Test 2 (81% y 86% respectivamente, p<0.01) y lo mismo ocurrió con el VT (80% y 85% respectivamente, p<0.05). No se observaron diferencias significativas en el VO_2 (ml/kg/min) correspondiente al LT o al VT (Figura 2).

	Test 1	Test 2
LT	51.47 (4.2)	53.49 (3.5) **
VT	50.73 (4.83)	52.59 (4.13) *

Tabla 2. *Consumo de oxígeno (ml/kg/min) al umbral de lactato (LT) y al umbral ventilatorio (VT) luego del período de transición (Test 1, n=12), y del período competitivo (Test 2, n=12). Los datos son medias (DE). * y ** indican diferencias significativas (p<0.05 y p<0.01, respectivamente) entre el Test 1 y el Test 2.*

La concentración de lactato de reposo no difirió entre los tests de ejercicio (1.1±0.8 mmol/L y 1.2±0.6 mmol/L), así como tampoco hubo diferencias en las concentraciones máximas de lactato registradas inmediatamente después del ejercicio (Test 1 - 8.12 ±1.5 mmol/L y Test 2 - 8.4±1.1 mmol/L). Sin embargo, hubo una tendencia hacia una mayor concentración máxima de lactato postejercicio en el Test 2 (p<0.09).

DISCUSION

Un hallazgo interesante de este estudio fue que el consumo de oxígeno tanto en el LT como en el VT se incrementó significativamente en el Test 2, momento en el cual los jugadores de fútbol de elite estaban en su mejor estado de entrenamiento (Tabla 2). Sin embargo, no se observaron diferencias en el VO_2 máx. entre el Test 1 y el Test 2, lo que sugiere que esta medición del rendimiento es menos sensible al nivel de entrenamiento que el VT o el LT.

Varios estudios han demostrado que en la población general, el entrenamiento aeróbico con frecuencia provoca un incremento en la intensidad del ejercicio correspondiente al umbral anaeróbico sin provocar un incremento concomitante en el VO_2 máx. (Bishop et al., 1998; Fouquet and Poty, 1982) y los resultados de este estudio llevado a cabo con jugadores de fútbol de elite son consistentes con estas observaciones. El VO_2 máx. es rutinariamente utilizado para describir y monitorear los cambios en el estátus de entrenamiento aeróbico en jugadores de fútbol de elite, sin embargo este estudio demostró que este tipo de procedimiento puede tener una utilidad limitada.

Una posible explicación con respecto a la no observación de cambios en las mediciones del VO_2 máx pude ser la diferencia en el tiempo de tolerancia al ejercicio a una intensidad igual al VO_2 máx. Este tiempo se extendió significativamente en el Test 2 (p<0.01), sugiriendo que con un mayor nivel de entrenamiento, los sujetos fueron capaces de mantener el rendimiento por un tiempo adicional a través de la mejora del sistema de energía anaeróbico. La concentración de lactato

no estuvo significativamente elevada en el Test 2 posiblemente debido a una mejorada capacidad de amortiguación o a una mejorada regulación ácido base (Beaver et al., 1986b; Stringer et al., 1992). Debido a que no se hallaron diferencias en la concentración máxima de lactato en el momento del agotamiento, es improbable que el incremento en el tiempo de tolerancia al ejercicio pueda ser atribuido a factores motivacionales, y por lo tanto, el VO_2 máx. de los jugadores de fútbol de elite en este estudio pudo haber alcanzado un nivel tal que las posteriores mejoras fueran mínimas. Esto es consistente con la observación de que el rendimiento al VO_2 máx. está influenciado en gran parte por factores genéticos, que restringen el potencial de mejora (Bouchard et al., 1992; Bouchard et al., 1994), especialmente en atletas con capacidades de ejercicio bien desarrolladas.

En términos de la valoración del AT, el concepto tradicional indica que el punto de umbral debería corresponderse con las capacidades y limitaciones del sistema cardiopulmonar y con el suministro óptimo de energía provisto por la actividad enzimática citosólica y mitocondrial (Coggan et al., 1992; Holloszy and Coyle, 1984; Tokmakidis et al., 1998). Aunque tanto el VO_2 máx. como el AT son utilizados con frecuencia para expresar el nivel de aptitud cardiovascular, las dos mediciones parecen estar limitadas por diferentes mecanismos, ya que el VO_2 máx es controlado por el gasto cardíaco máximo, mientras que el metabolismo del músculo esquelético desempeña un rol mayor en la determinación del rendimiento submáximo de ejercicio (Gollnick et al., 1982; Saltin et al., 1976). Un desarrollo adicional de este concepto dentro de un contexto práctico sería la necesidad de programas específicos de entrenamiento, tanto para los componentes centrales como para los componentes periféricos del rendimiento de resistencia.

Siguiendo la observación de que tanto el LT como el VT se incrementaron significativamente cuando los jugadores estaban en su mayor nivel de entrenamiento, parecería que cualquiera de estas dos valoraciones del rendimiento sería de utilidad para describir el AT. Aunque el LT no causa el VT, estos dos parámetros están relacionados y la estrecha similitud en el consumo de O_2 en ambos umbrales respalda esta observación. Una mayor diferencia fue evidente entre los tests cuando se utilizó el LT, sin embargo, el atractivo de ser capaces de identificar un punto de umbral sin utilizar un método no invasivo incrementa el potencial de aplicación del VT.

Desde el Test 1 al Test 2, los porcentajes de LT y VT al VO_2 máx tuvieron un incremento del 86% y del 85% respectivamente, lo cual si bien es un gran incremento, no es un incremento excepcional cuando se comparan estos valores con los observados en atletas de resistencia (Forenbach et al., 1987; Svendenhag and Sjodin, 1985). Cualquiera de estas mediciones tiene la ventaja, sobre el VO_2 máx., de ser una medición submáxima y por lo tanto podría provocar menos alteraciones al programa de entrenamiento. Si un entrenador o un atleta conocen el significado fisiológico del AT y de las consecuencias asociadas a la acidosis intracelular, estos pueden aplicar este conocimiento para el diseño de sus programas de entrenamiento.

CONCLUSION

En conclusión, aunque el VO_2 máx. puede ser un indicador útil de la capacidad aeróbica de los jugadores de fútbol de elite, su utilidad es limitada durante el proceso de monitoreo de los cambios en el nivel de entrenamiento y el esfuerzo máximo requerido para la valoración de este parámetro puede hacer que este no sea apropiado para ser utilizado durante la temporada competitiva. El LT o el VT de carácter submáximo pueden identificar cambios en el acondicionamiento aeróbico, sin embargo se debería esperar que tests más específicos del fútbol provean información de mayor utilidad en adición al LT o al VT (Edwards et al., 2003).

REFERENCIAS

1. ADAPT [Software program] (1995). Sports Sciences Division. *Australian Institute of Sport*
2. Allen, W.K., Seals, D.R., Hurley, B.F., Ehsani, A.A. and Hagberg, J.M (1985). Lactate threshold and distance running performance in young and older endurance athletes. *Journal of Applied Physiology 58, 1281-1284*
3. Bangsbo, J (1994). Physiological demands of soccer. In: Football (Soccer). *Ed: Ekblom, B. London: Blackwell Scientific 43-59*
4. British Association of Sport and Exercise Sciences (1997). Guidelines for the Physiological Testing of Athletes. *Ed: Bird, S. and Davidson, R. British Association of Sports Sciences. Physiology Section*
5. Beaver, W.L., Wasserman, K. and Whipp, B.J (1986). A new method for detecting the anaerobic threshold by gas exchange. *Journal of Applied Physiology 60, 2020-2027*
6. Beaver, W.L., Wasserman, K. and Whipp, BJ (1986). Bicarbionate buffering of lactic acid generated during exercise. *Journal of*

Applied Physiology 60, 472-478
7. Bishop, D., Jenkins, D.G. and Mackinnon, L.T (1998). The relationship between plasma lactate parameters, Wpeak and 1-h cycling performance in women. *Medicine Science Sports and Exercise 30, 1270-1275*
8. Bouchard, C., Dionne, F.T., Simoneau, J.A. and Boulay, M.R (1992). Genetics of aerobic and anaerobic performance. *Exercise and Sports Science Review 20, 27*
9. Bouchard, C. and Perusse, L (1994). Heredity, activity level, fitness and health. *In: Physical activity, fitness and health. Champaign, IL, Human Kinetics*
10. Brettoni, M., Alessandri, F. and Cupelli, V (1989). Anaerobic threshold in runners and cyclists. *Journal of Sports Medicine and Physical Fitness 29, 230-233*
11. Coggan, A., Kohrt, W.M., Spina, R.J. and Kirwan, J.P (1992). Plasma glucose kinetics during exercise in subjects with high and low lactate thresholds. *Journal of Applied Physiology 73 (5), 1873-1879*
12. Costill, D.L., Fink, W.J. and Pollock, M.L (1976). Muscle fibre composition and enzyme activities of elite distance runners. *Medicine Science Sports and Exercise 8, 96-100*
13. Coyle, E.F (1995). Integration of the physiological factors determining endurance performance in athletes. *Exercise and Sports Sciences Reviews 23, 25-31*
14. Edwards, A.M., Macfadyen, A.M. and Clark, N (2003). Test performance indicators from a single soccer specific fitness test differentiate between highly trained and recreationally active soccer players. *Journal of Sports Medicine and Phyical Fitness 43, 14-20*
15. Ekblom, B (1986). pplied physiology of soccer. *Sports Medicine 3, 50-60*
16. Fohrenbach, R., Mader A. and Hollmann W (1987). Determination of endurance capacity and prediction of exercise intensities for training and competition in marathon runners. *International Journal of Sports Medicine 8, 11-18*
17. Fouquet, R. and Poty, P (1982). Effect of 40 weeks of endurance training on anaerobic threshold. *International Journal of Sports Medicine 3(4), 208-214*
18. Gollnick, P (1982). Peripheral factors as limitations to exercise capacity. *Canadian Journal of Applied Sports Science 7, 14-21*
19. Hermansen, L (1971). Lactate production during exercise. *In: Muscle metabolism during exercise. Ed: Pernow, B., Saltin, B. New York: Plenum*
20. Holloszy, J.O. and Coyle, E (1984). Adaptations of skeletal muscle to endurance exercise and their metabolic consequences. *Journal of Applied Physiolgy 56, 831-838*
21. Ivy, J., Withers, R., and Van Handel, P.J (1980). Muscle respiratory capacity and fibre type as determinants of the lactate threshold. *Journal of Applied Physiology 48, 523-527*
22. Kinderman, W., Simon, G. and Keul, J (1979). The significance of the aerobic-anaerobic transition for the determination of work load intensities during endurance training. *European Journal of Applied Physiology 42, 25-34*
23. Nowacki, P.E., Cal, D.Y., Buhl, C. and Krummelbein, U (1988). Biological performance of German soccer players (professionals and juniors) tested by special ergometry and treadmill methods. *In: Science and Football. Ed: Reilly, T., Lees, A., Davis , K. and Murphy, W.J. 145-157*
24. Reilly, T. and Thomas, V (1976). A motion analysis of work rate in different positional roles in professional football match-play. *Journal of Human Movement Studies 2, 87-97*
25. Reilly, T (1994). Physiological aspects of soccer. *Biology and Sport 11, 3-20*
26. Saltin, B. and Astrand, PO (1967). Maximal oxygen consumption in athletes. *Journal of Applied Physiolgy 23, 353-358*
27. Saltin, B., Nazer, K., Costill, DL., Stein, E., Jansson E., Essen B. and Gollnick, P.D (1976). The nature of the training response; peripheral and central adaptations to one-legged exercise. *Acta Physiologica Scandinavica 96, 289-305*
28. Smaros, G (1980). Energy usage during a football match. *In: Proceedings of the 1st International Congress on Sports Medicine Applied to Football. Rome, 795-801*
29. Stringer, W., Casaburi, R. and Wasserman, K (1940). Acid-based regulation during exercise and recovery in man. *Journal of Applied Physiology 72, 954-961*
30. Svendenhag, J. and Sjodin, B (1985). Physiological characteristics of elite male runners in and off season. *Canadian Journal of Applied Sports Science 10, 127-133*
31. Tokmakidis , S.P., Leger, L. and Pilianidis , T.C (1998). Failure to obtain a unique threshold on the blood lactate concentration curve during exercise. *European Journal of Applied Physiology 77(4), 333-342*
32. Wasserman, K (1978). Breathing during exercise. *New England Journal of Medicine 298, 780-785*

Cita Original

A.M. Edwards, N Clark, A.M. Macfadyen. El Umbral Ventilatorio y el Umbral de Lactato Reflejan el Nivel de Entrenamiento de Jugadores de Fútbol Profesionales mientras que la Potencia Aeróbica Máxima se Mantiene sin Cambios. Journal of Sports Science and Medicine; 2, 23-29. 2003.