

J. Calleja¹
J. Lekue¹
X. Leibar¹
N. Terrados²

¹Centro de Perfeccionamiento Técnico. Dirección de deportes del Gobierno Vasco. Federación Española Baloncesto.
²Unidad Regional de Medicina del Deporte del Principado de Asturias. Fundación Deportiva Municipal de Avilés. Departamento de Biología Funcional. Universidad de Oviedo.

Correspondencia:
Dr. Julio Calleja González
Facultad de Ciencias de la Actividad Física y el Deporte
Departamento de Educación Física y Deportiva
Universidad del País Vasco
Portal de Lasarte, s/n
01007 Vitoria-Gasteiz. Álava
Correo electrónico:
jucallejacpt@hotmail.com

Fecha de recepción: 17/8/06
Aceptado para su publicación: 09/10/06

Estudio del metabolismo glucolítico en jugadores de baloncesto

Glycolytic metabolism in basketball players

RESUMEN

Introducción: El baloncesto desde un punto de vista energético, es clasificado en un 15 % aeróbico (Fox y Mathews 1984). Dalmonte (1987), justifica la importancia del metabolismo láctico en competición en 20 %. Sin embargo hay pocos estudios que evalúen la intervención de la glucólisis durante los partidos, además, sólo algunos de ellos utilizan jugadores jóvenes.

Objetivo: Valorar el metabolismo glucolítico, mediante análisis de lactato plasmático durante la competición y estudiar su cinética en función del tiempo y puesto.

Metodología: A 15 jugadores internacionales junior se les realizó muestras antes, durante y después del partido.

Resultados: Los datos de concentración de lactato (LA) final son cercanos a 4 mmol/ (3,92 mMol/l), siendo el más alto de (5,30 mMol/l). Existen diferencias significativas entre períodos de juego, así como del base con respecto a los demás. No hemos observado relación entre el tiempo de juego y la concentración de lactato.

ABSTRACT

Introduction: *The basketball from an energetic point of view, is classified in 15 % aerobic (Fox y Mathews 1984), Dalmonte (1987), reported the major role of lactic metabolism during competition in 20 %. But there is a few studies to evaluate glycolytic metabolism during competition, and a few scientific evidence with young players.*

Objective: *To measure the glycolytic metabolism during the matches by plasmatic lactate concentration and study differences between periods and positions.*

Methodology: *15 international male basketball players participated in this study. Blood lactate testing was performed pre, per and post competition.*

Results: *Our data present (3.92 mMol/l), the highest value was (5.30 mMol/l). There are significant differences between periods and there is not relation between playing time and (LA).*

Conclusion: *The glycolytic metabolism, aerobic and anaerobic can be useful information to know the*

Conclusión: El uso del metabolismo glucolítico, tanto aeróbico como anaeróbico, parece tener una importancia, en el baloncesto de alto nivel, mayor de la que se pensaba hasta ahora. Su estudio puede aportar información práctica para ajustar cargas de entrenamiento, conocer la situación metabólica durante el juego y diseño de estrategias nutricionales y de recuperación de la fatiga.

PALABRAS CLAVE

Baloncesto; Lactato; Condición física; Deportistas jóvenes.

metabolic responses during the games, nutritional strategies and fatigue/recovery relation.

309

KEY WORDS

Basketball; Lactate; Physical conditioning; Young athletes.

INTRODUCCIÓN

Clasificando el baloncesto desde un punto de vista metabólico, Fox y Mathews¹ (1984) propusieron que un 15 % del requerimiento energético era de origen aeróbico. Dalmonte² (1987), justifica la importancia de intervención del metabolismo láctico en competición en un 20 %, siendo en el proceso energético predominante la resíntesis de ATP, lo que determina conocer la importancia de las diferentes vías en competición con el fin de optimizar los procesos de recuperación, evaluando la posibilidad de un mayor uso de la glucólisis aeróbica y anaeróbica. Aún son escasos los estudios acerca del metabolismo en baloncesto de competición³⁻¹⁰, siendo el realizado por Rodríguez-Alonso et al¹⁰ (2003) en jugadoras el más completo, además, sólo algunos de ellos utilizan como población jugadores jóvenes^{5,9}. Nuestro estudio tiene por objeto valorar el metabolismo glucolítico en competición en diferentes momentos del partido mediante análisis de (LA) y estudiar su cinética en función del tiempo empleado, estableciendo diferencias entre puestos y minutos jugados.

MATERIAL Y MÉTODOS

Sujetos

En este trabajo participaron 15 jugadores de categoría junior y nivel internacional del proyecto Siglo XXI, de la Federación Española de Baloncesto (FEB).

Tabla 1. Datos de medias y desviaciones estándar de características físicas de los jugadores

Variable	M ± DE	Rango
Edad (años)	16 ± 0	16-16
Peso (kg)	91 ± 6,7	87-102
Talla (cm)	197,59 ± 5	1,92-2,03
Σ 6 p (mm)	52,82 ± 6,1	80,6-34,2
Grasa (%)	8,13 ± 2,3	11,05-6,17

N = 15.

SUM 6P: suma de 6 pliegues subcutáneos (tricipital; abdominal, supra-ilíaco, sub-escapular, cuadricipital, gemelar); DE: desviación estándar.

Datos de medias y desviaciones estándar de características físicas de los jugadores (tabla 1).

Datos antropométricos

La altura se midió con un tallímetro modelo SECA® (Alemania), con una precisión de 2 mm y un rango de medición que oscila de 130 cm a 210 cm. El peso con una báscula modelo SECA® (Alemania), con precisión de 0,2 kg y un rango de medición que oscila de 2 kg a 130 kg. Se analizó el porcentaje de grasa subcutánea, mediante el método de Jackson y Pollock¹¹ (1985) para la medición de los pliegues (Abdominal, tricipital, supra-ilíaco, subescapular, cuadricipital, gemelar), mediante

310

Tabla 2. Distribución de muestras en función del momento

Muestras	Tiempo juego (LA) Final	(LA) BASAL	(LA) (1')	(LA) (3')	(LA) (5')	(LA) (7')
77	15	8	15	14	14	7

Tabla 3. Distribución de muestras en función del puesto

Muestras	Base	Alero	Pivot
77	21	19	37

un plicómetro Holtain® (England). El cálculo de grasa se ha realizado mediante la ecuación de Carter-Yuhasz¹² (1982): % grasa: $(0,1051 \times S6P) + 2,585$ (hombres).

Análisis de lactato

Para determinar el análisis de (LA) en sangre capilar se ha utilizado el YSI 1500® (Sport Yellow Springs Instrument, OH, USA).

Diseño experimental

La recogida de muestras se realizó durante la temporada 2003-2004, de 1ª división de la C.A.V. Previo a la realización se envió al Comité Vasco de árbitros un certificado con el consentimiento de la responsable de los servicios médicos de la F.E.B. Las punciones para la recogida de muestras las realizaron personal médico. Igualmente los jugadores fueron informados sobre los análisis a los que iban a ser sometidos. Las extracciones de sangre del lóbulo de la oreja se obtuvieron en t.

muestras, cambios y períodos en banquillo. En el momento de extracción no se retrasaba más de un minuto la recogida, con el fin de conocer con precisión (LA). Antes de realizar el calentamiento se recogió una muestra de lactato basal en bipedestación. Si la muestra se realizaba durante el transcurso del partido, el deportista se sentaba en el banquillo. Si se realizaba durante el tiempo muerto la extracción se efectuaba en bipedestación. Una vez el jugador en el banquillo, se tomaban muestras (1', 3', 5', 7') transcurrido el tiempo desde el cambio, mientras se anotaba el tiempo.

Análisis estadístico

Los valores se expresan en M y DS. Se ha utilizado el programa SPSS 10.0. Se utilizó un análisis de (Anova) y de Post Hoc de Tuckey. La regresión lineal fue calculada por el coeficiente de R de Pearson. Se aplicó una "T" de Student. Se consideró la probabilidad para $p < 0,05$.

RESULTADOS

Se realizaron un total de 77 muestras.

Distribución de muestras en función del momento (tabla 2).

Distribución de muestras en función del puesto (tabla 3).

Los valores medios (LA), en función del momento (tabla 4 y fig. 1).

Por puestos, las medias observadas de (LA) (tabla 5).

En cuanto a los valores medios (LA) en función del las partes del juego (1.º y 2.º tiempo), se observan diferencias entre las medias de (LA) final entre la primera parte (1.º-2.º período) y la segunda parte (3.º-4.º período) ($4,62 \pm 0,12$ vs $2,78 \pm 0,17$) $p < 0,05$.

Tabla 4. Medias de (LA) en función del momento

(LA) Basal (mMol/L)	(LA) Final (mMol/L)	(LA) A 1' (mMol/L)	(LA) A 3' (mMol/L)	(LA) A 5' (mMol/L)	(LA) A 7' (mMol/L)
1,21 ± 0,32	3,92 ± 0,94	3,75 ± 0,95	3,32 ± 0,98	3,07 ± 0,66	2,56 ± 0,64

Valor de (LA) con relación al tiempo jugado por el deportista (fig. 2). No se describe correlación entre (LA) y el tiempo de juego.

Valor de relación de disminución (LA) por puestos (fig. 3).

DISCUSIÓN

La concentración de lactato medida en sangre es el resultado del lactato formado y el eliminado, por ello no es una valoración exhaustiva y correcta de la producción de la vía glucolítica⁴, pero si una buena aproximación, para poder entender las interrupciones existentes durante el juego que podrían permitir algún aclaramiento (LA) pudiendo dar lugar a unos niveles más bajos (LA) de los esperados¹³ (MacLaren 1990), y así favorecer la cinética de recuperación. Por ello, es de interés conocer los niveles (LA) en sangre total de los jugadores en competición y entrenamiento para poder estructurar con criterio el proceso de recuperación. Los resultados obtenidos en valores medios son bajos (3,92 mMol/l), concordando con los aportados por otros autores^{2-5,8,14}. Teniendo en cuenta que en un principio la duración del juego era de 2 tiempos de 20', actualmente se compone de 4 de 10'. Por otro lado, los estudios con deportistas jóvenes^{5,9,15} son escasos y solo 2 utilizan una n de nivel competitivo^{9,15}. Sin embargo recientes aportaciones^{9,10}, muestran (LA) durante el juego superiores, poniendo en entredicho los datos precedentes y abriendo una nueva línea sobre el comportamiento fisiológico del láctico y la importancia del metabolismo glucolítico en competición, lo que McInnes et al⁴ (1995) consideran muy importante para cubrir las demandas energéticas del juego, siendo (LA) obtenidas en competición argu-

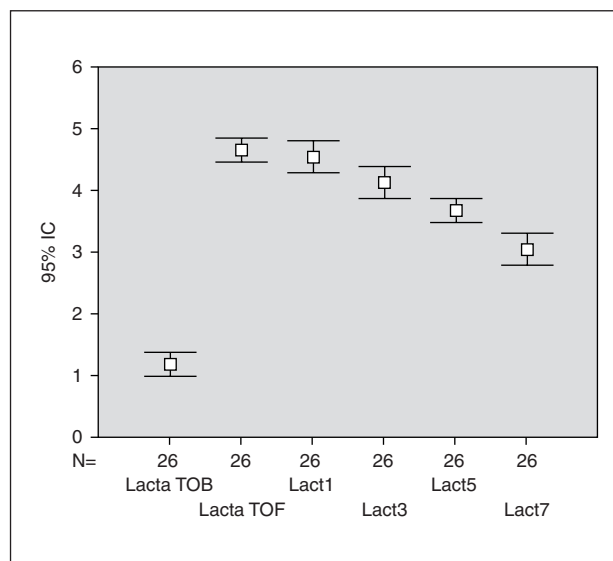


Fig. 1. Medias de (LA) en función del momento.

mento suficiente para establecer la importancia del metabolismo anaeróbico⁹. Por ello, una justificación de las (LA) tan bajas pudiera ser debido a la inmadurez del metabolismo anaeróbico glucolítico ya que los jóvenes tienen una baja capacidad glucolítica como consecuencia de una baja actividad enzimática¹⁶. Con relación (LA) en función del período, nuestros datos corroboran que existen diferencias significativas entre las medias de (LA) entre la 1ª y 2ª parte ($p < 0,05$). Buteau⁵ (1987), también lo observó, obteniendo valores de 5.6 mMol/L durante el 1ª período vs 2ª (3,4 mMol/l). Marqués y Figueiredo¹⁷ (2002), con italianos y portugueses de diferentes niveles, encuentran diferencias significativas entre cuartos. Parece evidente las diferencias entre tiempos con

Tabla 5. Valores medios (LA) concentración de lactato en función del puesto

Puesto	(LA) Basal (mMol/L)	(LA) Final (mMol/L)	(LA) A 1' (mMol/L)	(LA) A 3' (mMol/L)	(LA) A 5' (mMol/L)	(LA) A 7' (mMol/L)
Base	1,44 ± 0,15	4,34 ± 1,02*	3,62 ± 0,92	3,22 ± 1,11	3,10 ± 0,78	2,59 ± 0,72*
Alero	1,28 ± 0,47	4,01 ± 1,39	4,24 ± 1,26	3,77 ± 1,23	3,38 ± 0,71	3,33 ± 0,52
Pivot	1,02 ± 0,56	3,6 ± 0,24	3,52 ± 0,61	3,08 ± 0,65	2,8 ± 0,49	2,19 ± 0,14

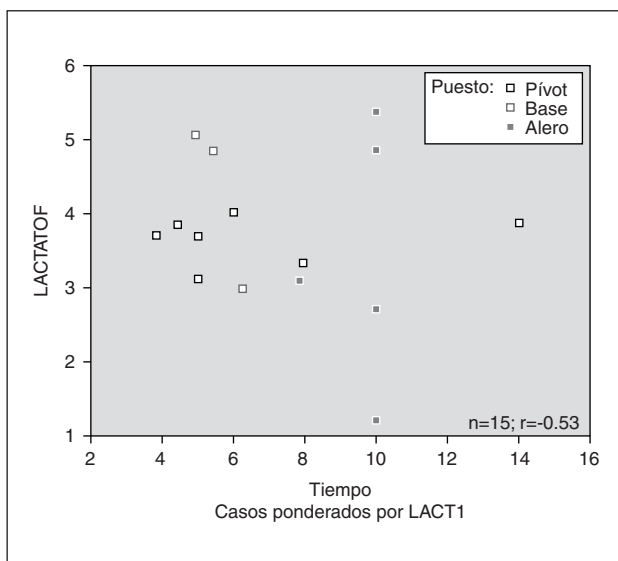


Fig. 2. Correlación (LA) final vs tiempo. $n = 15$; $r = -0,53$.

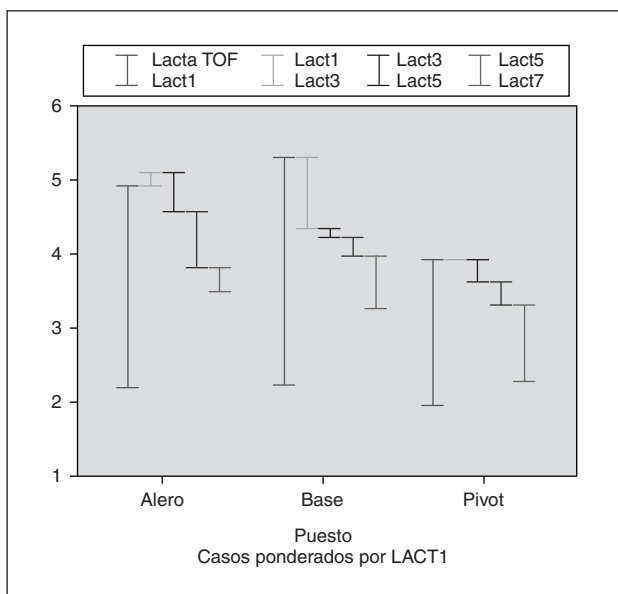


Fig. 3. Relación de disminución de (LA) por puestos.

jugadores y nacionalidades, dada la intensidad de juego desarrollada durante la 1.^a parte. Janeira et al⁶ (1992), justifican valores tan bajos (LA) en las segundas partes, debido a la depleción de glucógeno muscular, aunque

este fenómeno no está científicamente demostrado. Con relación al puesto, observamos diferencias entre posiciones en (LA) final del base respecto al pivot (4,34 vs 3,6) ($p < 0,05$), corroborando los anteriores^{9,10}, los cuales también justificaron diferencias del base respecto a las otras dos posiciones. La (LA) en bases fueron de $5,38 \pm 0,9$ mMol/l, en exteriores de $3,75 \pm 0,57$ mMol/l y los pivots presentaron $1,99 \pm 1,01$ mMol/l, con diferencias entre puestos ($p < 0,0001$), siendo este estudio realizado con jugadores junior de nivel y nueva reglamentación. En nuestro análisis se describen diferencias significativas en las (LA) al de 7' del base respecto al alero ($2,59 \pm 0,72$ vs $3,33 \pm 0,52$) ($p < 0,05$) y respecto al pivot ($2,59 \pm 0,72$ vs $2,19 \pm 0,14$) ($p < 0,05$). Los valores encontrados se asemejan a los publicados en otros trabajos^{2,5,6,14,18}, que refieren datos cercanos a los 4 mMol/l. En el estudio se describieron en el base valores máximos de 8,90 mMol/l, en aleros 5,87 mMol/l y en pivots 5,79 mMol/l. Salinas (2001), también verificó la (LA) máximo. La (LA) en bases fueron de $5,38 \pm 0,9$ mMol/l. Rodríguez-Alonso et al¹⁰ (2003), si obtuvieron diferencias significativas entre los diferentes puestos ocupados en la pista (Base vs aleros y pivots) en jugadoras internacionales. En nuestra opinión, la especialización del puesto define el perfil fisiológico del jugador mostrando diferencias en cada puesto. En nuestro análisis no se observa relación entre el tiempo que cada jugador desarrolla en pista y la (LA) obtenida inmediatamente que abandona la cancha. Sin embargo, Rodríguez Alonso et al¹⁰ (2003), si comprobaron un comportamiento fisiológico de los valores de láctico en función del tiempo jugado en la pista, en donde los jugadores que más jugaban obtenían las mayores (LA). En este sentido creemos que necesitamos una muestra más grande para poder llegar a conclusiones fiables. En cualquier caso, tampoco hemos encontrado más estudios que nos permitan co-tejar estos datos. Al observar los niveles de lactato obtenidos en el estudio mencionado anteriormente, podríamos deducir que en partidos de entrenamiento no se alcanza la intensidad de juego desarrollada en un partido oficial, debido a factores motivacionales y/o de stress; lo que debe servir para comprobar la dificultad que supone reproducir las condiciones competitivas. Posiblemente los partidos de entrenamiento deberían de contar

con factores adicionales que estimulen la motivación de jugadores y que les haga emplearse con mayor intensidad en el juego. Los datos de nuestra investigación y de los pocos trabajos publicados hasta la fecha indican una gran implicación de metabolismo glucolítico, tanto anaeróbico como aeróbico. Este deporte requiere también situaciones de esfuerzo superiores a un minuto, aunque son poco frecuentes^{14,19}. Estos esfuerzos se observan en jugadas de contraataques, defensas presionantes, etc., Para este tipo de acciones el sistema de la glucólisis resulta determinante en ejercicios máximos que comprendan una duración entre 6 s y 2 min²⁰. Estos valores de (LA) relativamente altos, unido a la duración de los encuentros, nos permiten suponer que la vía glucolítica aeróbica goza de un importante protagonismo en la práctica de este deporte, a pesar de que las numerosas interrupciones existentes durante el juego, los períodos de descanso, así como los tiempos muertos y la posibilidad de que los jugadores sean sustituidos frecuentemente, podrían facilitar el aclaramiento de (LA), dando lugar a unos niveles más bajos de lactato de los esperados en función de la velocidad y FC de juego, coincidiendo con Beam y Merrill²¹ (1994) a través de sus estudios de F.C., que también propuso que la contribución de la vía glucolítica es mucho mayor de la que previamente había sido estimada. El rango de lactato encontrado, podría sugerir que la contribución de la vía glucolítica varía considerablemente de un encuentro a otro, así como dentro del mismo, siendo debido a la distinta intensidad de cada partido, las distintas características fisiológicas de cada sujeto y posiblemente a la cantidad de tiempo jugado⁴. Grosgeorge y Bateau²³ (1988), refieren que fuera de los períodos de defensa intensiva (presing) muy ensayados, los jugadores entrenados recurren fundamentalmente a la vía aeróbica y es por ello, que las tasas de lactato encontradas se sitúan generalmente alrededor de las zonas de transición aeróbica-anaeróbica. También concluye que la acumulación de lactato no es un factor limitante del rendimiento en un buen jugador de baloncesto. Sin embargo, a raíz de los datos obtenidos en nuestros estudios y de los recogidos por otros autores^{21,4}, podríamos deducir que (LA) es uno de los factores limitantes de la intensidad del juego y que los jugadores dosifican su esfuerzo para evitar una acumulación

excesiva de lactato. Hay que recordar también que, aunque la acidosis que se produce en el músculo durante el ejercicio intenso (que es para muchos autores la causa de ciertos tipos de fatiga), ha sido tradicionalmente considerada como el producto del aumento en la producción de ácido láctico muscular, en la actualidad²² parece ser que no es así. Lo que durante muchos años se ha llamado “acidosis láctica”, y ha sido durante más de 80 años la explicación fisiológica de la acidosis que se apreciaba en el músculo durante ejercicio intenso, está ahora en entredicho. Hasta ahora se daba por hecho que la producción aumentada de lactato causaba acidosis y esto era una de las causas de la fatiga muscular durante ejercicio intenso. Algunos autores²² justifican que no hay evidencia de que la producción de lactato produzca acidosis muscular, sino que el lactato “retrasa algo la acidosis muscular”. La acidosis muscular estaría causada por otras reacciones diferentes, además de las de la producción de lactato. Cuando la demanda de ATP para la contracción muscular se suple con la respiración-oxidación mitocondrial, no hay acúmulo de protones en la célula, los protones son usados por la mitocondria para la fosforilación oxidativa y para mantener un gradiente de protones en el espacio intermembranas. Sólo cuando la intensidad del ejercicio aumenta por encima del estado estable y se necesita obtener mucho más ATP de la glucólisis, tanto aeróbica como anaeróbica, y del sistema de los fosfágenos es cuando el ATP aportado por esas fuentes-metabolismos extramitocondriales aumenta la liberación de protones y causa la acidosis muscular. La producción de lactato aumenta en esas condiciones metabólicas, por acción de la LDH, para prevenir un aumento y acumulación de piruvato y para aportar el NAD + que se necesita en la 2ª fase de la glucólisis. Este aumento (LA) coincide con la acidosis muscular y sigue siendo un buen indicador indirecto de las condiciones metabólicas del músculo. Si el músculo no produjera lactato, la acidosis muscular (y por consiguiente, la fatiga muscular) ocurriría antes y afectaría al rendimiento.

CONCLUSIONES

Los valores medios de las concentraciones de lactato en internacionales junior son cercanos a 4 mmol, ob-

314 servándose diferencias entre períodos de juego y en el base respecto a los demás puestos. En nuestro estudio no hemos observado relación entre el tiempo de juego y (LA). El uso del metabolismo glucolítico, tanto aeróbico como anaeróbico, parece tener una importancia mayor de la que se pensaba en baloncesto de alto nivel. Su estudio puede aportar información para acelerar la recuperación y diseñar estrategias ergonutricionales.

AGRADECIMIENTO

Los autores de este artículo agradecen a los jugadores y técnicos del Siglo XXI de la Federación Española de baloncesto, la predisposición a ayudar durante todo el proceso que ha durado el presente estudio.

BIBLIOGRAFÍA

1. Fox E L. Fisiología del deporte. Buenos Aires: Panamericana; 1984.
2. Dalmonte A, Gallozi C, Lupo S, Marcos E, Mencatrinelli C. Evaluación funcional del jugador de baloncesto y balonmano. *Apunts*. 1987;(24):243-51.
3. Cohen M. Contribution a l'étude physiologique du basket-ball. These Pour le doctorat de médecine. Faculte Xavier Bichat, París; 1980.
4. McInnes SE, Carlson JS, Jones CJ, McKenna MJ. The physiological load imposed on basketball players during competition. *J Sports Sci*. 1995;13:387-97.
5. Buteau P. Approche bioenergetique de la preparation physique au basket-ball. Memoire pour le diplome de Insep. París; 1987.
6. Janeira MA, Maia J. Game intensity in basketball. An interactionist view linking time-motion analysis, lactate concentration and heart rate. *Coach Sport Sci J*. 1998;3(2):26-30.
7. Terrados, N. Fisiología del ejercicio en baloncesto. *Anales Anamede'87. Medicina del baloncesto*. 1987. p. 161-68.
8. Benelli P, Ditrolio M, Ninfalli P. Lactate values during game in basketball players. *The J Sports Med Phy Fit* 1998;38(1):96.
9. Salinas E, Alvero JR. Niveles de ácido láctico por puestos específicos en jugadores de baloncesto en competiciones oficiales. Comunicación libre presentada en el II Congress of the European Federation of Sports Medicine, Oviedo; 2001.
10. Rodríguez-Alonso M, Fernández-García B, Pérez-Landaluce J, Terrados N. Blood lactate and heart rate during national and international women's basketball. *J Sports Med Phy Fitness*. 2003;43(4):432-6.
11. Jackson AS, Pollock ML. Practical assesment of body composition. *Phy Sportmed*. 1985;13:77-90.
12. Carter JEL (editor). Physical Structure of Olympic Athletes. Part 1: The Montreal. Olympic Games Anthropological Project. Basel: Karger; 1982.
13. Maclaren D. Court games: Volleyball and Basketball. En: Reilly N, Secher P, Snell CW, editors. *Physiology of Sport*. London. E and F N Spon. 1990. p. 427-64.
14. Colli R, Faina M. Investigación sobre rendimiento en básquet. Vol I. Red. 1987;2:3-10.
15. Rotenberg Z, Seip R, Wolfe L A, Bruns DE. "Flipped" patterns of lactate dehydrogenase isoenzymes in serum of elite college basketball players. *Clin Chem*. 1988;34(11):2351-4.
16. Eriksson OB, Gollnick PD, Saltin B. Muscle metabolism and enzyme activities after training in boys 11-13 years old. *Acta physiological Scandinavian*. 1973;87:485-97.
17. Marques F, Figuereido PA. Blood lactate during a basketball game. Book of abstract of the 7 th Annual congress of the ECSS, Athens, Greece; 2002. p. 224.
18. Zaragoza J. Análisis de la actividad competitiva en baloncesto. Vol X. Red. 1996;2:21-5.
19. Hernández Moreno J. Basket: Preparation physique specifique du jouer. EPS. 1988;211:17-9.
20. Gaitanos GC, Williams C, Boobis LH, Brooks A. Human muscle metabolism during intermittent maximal exercise. *J Appl Physiol*. 1993;75:712-9.
21. Beam WC, Merrill TL. Analysis of heart rates recorded during female collegiate basketball. *Med Sci Sports Exer*. 1994;26:s66.
22. Robergs RA, Ghiasvand F, Parker D. Biochemistry of exercise-induced metabolic acidosis. *Am J Physiol Regul Integr Comp Physiol*. 2004;287(3):R502-16.
23. Grosgeorge B, Buteau P. La resistencia específica del jugador de baloncesto. Red. 1988;6:34-8.