

ESTIMULACIÓN DE LA VÍA ANAERÓBICA LÁCTICA CON ENTRENAMIENTO DE RFR EN HIPOXIA INTERMITENTE

Álvarez, J.¹; Julià S. ¹; Pagès, T. ¹; Viscor, G.¹ and Corbi, F.²

¹Departament de Fisiologia-Biologia, Universitat de Barcelona and ²Laboratori de Biomecànica, Institut Nacional d'Educació Física de Catalunya, Centre de Lleida, Spain

jesusalvarez80@hotmail.com; soniajulia@hotmail.com; gviscor@ub.edu ;
tpages@ub.edu ; f@corbi.neoma.org

RESUMEN

La utilización de métodos de entrenamiento específicos es usual en atletas de alta competición y el entrenamiento de fuerza es necesario en todas las modalidades atléticas. El entrenamiento en hipoxia simulada y real se ha estudiado y aplicado ampliamente en los últimos tiempos con multitud de variantes. Existe consenso sobre su utilidad en la mejora del rendimiento aeróbico, pero más ambigua y poco estudiada es la utilidad en especialidades de rendimiento anaeróbico láctico. Se realizó un estudio con 12 sujetos, 7 sujetos entrenaron en normoxia (NOR) y 5 en hipoxia a 2500m en cámara hipobárica (HYP). Ambos grupos realizaron 12 sesiones idénticas durante 4 semanas. El entrenamiento propuesto fue sobre extremidades inferiores (sentadillas, medias sentadillas con saltos y saltos). El carácter de esfuerzo fue explosivo. Se realizaron medidas de SJ, CMJ y CMJ60 segundos para comparar el impacto del entrenamiento en hipoxia y normoxia respectivamente en el rendimiento anaeróbico láctico. Se constató una mejora significativa en el grupo HYP ($p=0,029$), con un mejor rendimiento en los últimos 20 segundos del test de 60". Estos datos sugieren una mejora del metabolismo anaeróbico que se manifiesta en la última fase de la prueba. Estos datos son interesantes como nueva alternativa para el entrenamiento de la fuerza específica de atletas de alto nivel. Sería interesante valorar su aplicabilidad como complemento al entrenamiento a nivel del mar pues el carácter inespecífico de las acciones de fuerza no afectaría el componente técnico del gesto deportivo.

SUMMARY

Nowadays the application of specific training methods is usual in highly competitive athletes and strength training is used in all athletic types. Training in hypoxia has become popular in recent years with many application patterns (chronic or intermittent) for real or simulated altitude. There is a broad consensus on its usefulness for aerobic performance enhancement, but their benefit is more ambiguous in lactic anaerobic performance. We performed a study on 12 subjects, 7 trained at sea level (NOR) and 5 at 2500m into a hypobaric chamber (HYP). Both groups performed 12 identical sessions for 4 weeks. The proposed training was on legs (squats, half squats with jumps and hops). The effort was thus of explosive character. We used SJ, CMJ and

CMJ60 seconds tests to assess the impact of training in hypoxia or normoxia in the lactic anaerobic performance. Significant improvement was found in the HYP group ($p = 0.029$), with better performance in the last 20 seconds of the CMJ60 test. These data suggest an improvement of anaerobic metabolism markedly reflected in the last phase of the test. These data are interesting as a new alternative form of specific strength training of highly competitive athletes, specially of those needing additional incentives. Further studies are needed to evaluate its applicability as a complement to sea level training because the nonspecific nature of the force training would not affect the technical component of each sport.

INTRODUCCIÓN

La preparación física en el atletismo requiere de métodos de entrenamiento de fuerza en todas las disciplinas. Los métodos y manifestaciones de esta son diferentes en función del tipo de disciplina (velocidad, resistencia a la velocidad, medio fondo o fondo).

Es aceptado por científicos y entrenadores que el entrenamiento de fuerza mejora la economía de carrera (Hoff, 1999; Johnston, 1997; Paavolainen, 1999; Millet, 2002).

La mejora de la función muscular es importante para la mejora específica atlética. Para esta mejora, se pueden usar diversas estrategias preparatorias, tales como entrenamiento con cargas altas (con pesas), entrenamiento de resistencia explosiva o entrenamiento pliométrico (Wilson, 1993).

En este estudio se ha propuesto la utilización de un método combinado de fuerza (con pesas, saltos con pesas y saltos sin pesas) como medio de entrenamiento para la mejora de la capacidad de salto. Se ha seleccionado un ejercicio inespecífico, con implicación del ciclo estiramiento-acortamiento (involucrado en la acción propia de la carrera) y directamente relacionado con la capacidad láctica.

La capacidad de los músculos para contraerse y devolver la energía elástica de manera efectiva es importante en movimientos que incluyan ciclos de estiramiento-acortamiento. (Komi, 1984) La mejora de este ciclo de estiramiento-acortamiento provoca una ventaja mecánica, ahorrando más energía (coste energético) y generando más fuerza (Turner, 2003).

Mikkola (2007), analizó la reducción del 20% de la carga total de entrenamiento específico de carrera por entrenamiento de fuerza explosiva con resultados positivos en el rendimiento específico. Algunos autores (Noakes 1988; Paavolainen, 1999) citan como fundamental en la mejora (eficiencia mecánica) el cambio en las características neuromusculares y los factores de potencia muscular debidas al entrenamiento.

En la búsqueda de la aplicabilidad de nuestro estudio, encontramos que Paixao y Machado (2004) encontraron correlaciones significativas entre el rendimiento en CMJ 30 y la prueba de 400m. Cabe la posibilidad de que una mejora en el CMJ 60 tenga aplicabilidad en la mejora específica en carrera valorada en

pruebas donde el componente anaeróbico láctico sea determinante. Esta mejora vendría determinada por incremento en la eficiencia del ciclo estiramiento-acortamiento y ajustes en todos los factores fisiológicos periféricos implicados en la generación de energía glucolítica y la eliminación y tolerancia de desechos.

El rendimiento físico y deportivo en pruebas específicas anaeróbicas requiere una preparación con alta intensidad y especificidad (Virus, 2003; Mizuno, 1999; Tabata, 1996,1997; Banister, 1978; Meeuwsen, 2001). Pero el mantenimiento del rendimiento físico en altitud con intensidades máximas o supramáximas está comprometido respecto a nivel del mar (Terrados, 1988). Precisamente la especificidad en el entrenamiento de pruebas anaeróbicas es lo que hace útil la hipoxia en la mejora en la eficiencia del metabolismo anaeróbico (Mizuno, 1999; Tabata, 1996). Algunos autores describen efectos positivos en el rendimiento anaeróbico tras exposición a altitud (Katayama, 2003; Ogida, 1999; Nummela, 2000; Bailey and Davies, 1997; Martino, 1996; Hendriksen, 2003). Los beneficios que puede aportar el entrenamiento en hipoxia sobre el metabolismo anaeróbico son descritos ampliamente en la bibliografía, así el aumento del metabolismo glucolítico en ejercicio submáximo (Terrados, 1988; Banister, 1978; Meeuwsen, 2001), una mayor contribución energética por vía anaeróbica (McLellan, 1990), mejoras en la regulación celular, aumentando la tolerancia a productos del metabolismo anaeróbico y que aumentan la fatiga y el estrés celular (Stathis, 1994), mejoras en la capacidad tampón (Terrados, 1988), y cambios en la expresión de genes de la PFK por vía anaeróbica (Vogt, 2001), pueden ser factores que contribuyen a este fenómeno. De tal modo, la liberación de energía por vía anaeróbica podría compensar la disminución en la liberación de energía por vía aeróbica (Weyand, 1999). También se ha argumentado que el estrés de la exposición a altitud, del mismo modo que el estrés provocado por el entrenamiento deportivo, aumenta el rendimiento anaeróbico específico. La propia exposición a hipoxia sería suficiente estímulo para aumentar el rendimiento anaeróbico posiblemente por un aumento en los mecanismos del flujo de la glucólisis (Wolski, 1996).

Este estudio se centra en el análisis y comparación de las respuestas fisiológicas y mecánicas de dos grupos (HYP vs NOR) que realizaron el mismo protocolo de 12 sesiones en que se provocó la estimulación de la resistencia de fuerza rápida sobre las extremidades inferiores (media sentadilla con pesas, saltos con pesas y pliometría). El protocolo de entrenamiento en HYP se realizó a 2500 m de altitud simulada, dado que ésta es una altura estándar escogida en múltiples estudios sobre altitud (Terrados, 1988; Calbet, 2006; Stray-Gundersen, 2001; Morton, 2005). La elección de un protocolo de 4 semanas responde al tiempo mínimo en el cuál se han demostrado adaptaciones específicas con la exposición a hipoxia: enzimas aeróbicas como citrato sintetasa (CS), mioglobina y actividad de la LDH (lactato deshidrogenasa) (Terrados, 1990).

MÉTODOS

Sujetos. Características de los sujetos Tabla 1.

	N	AGE	MASS (Kg)		BASELINE HR		SJ (cm)		CMJ (cm)		CMJ 60"	
			PRE	POST	PRE	POST	PRE	POST	PRE	POST	PRE	POST
HYPO	5 (3M,2F)	23,8 (±3,8)	72,2 (±8,2)	71,3 (±8)	72,2 (±11)	67,1 (±7,9)	28,62 (±5,8)	32,95 (±3,7)	31,9 (±4,1)	34,01 (±2,3)	18,42 (±2)	22,57 (±2,3)
NORM	7 (6M,1F)	24 (±4,5)	65 (±5,7)	64,2 (±5,1)	63,8 (±14,1)	59,2 (±11)	30,95 (±2,8)	32,84 (±4,1)	32,48 (±3,95)	35,74 (±4,7)	18,46 (±3,5)	21,37 (±4,1)

Tabla 1. Valores pre-post protocolo de entrenamiento

RESULTADOS

CMJ60. ver datos tabla 2. Se realizaron análisis estadístico pre-post protocolo en ambos grupos y se encontraron diferencias estadísticamente significativas entre pre-post altura de vuelo media en ~~HIP~~ HYP ($p=0,029$) ~~con test de normalidad ($p=0,813$) y varianza ($p=0,865$) pasados.~~ Por el contrario, no hubieron diferencias significativas en NOR_ ($p=0,184$). (t-test) ~~(test normalidad ($p=0,654$) y varianza ($p=0,792$))~~

Para determinar el **empeño** (Bosco, 2000) en la realización del test se aplicó la formula $H_{media0-15''}/CMJ$. Todos los test en ambos grupos mostraron un empeño óptimo, otorgando validez a las pruebas (NOR: 0,79 pre y 0,72 post vs HYP: 0,74 pre y 0,75 post). Se aplicó la fórmula de la **pérdida de trabajo** (Bosco, C. 2000). (H_{media}/CMJ). El grupo HYP mostró una eficacia de trabajo mayor durante el test (0,62 pre – 0,66 post) que el grupo NOR (0,58 pre- 0,56 post). Las diferencias entre ambos fueron significativas ($p=0,031$).

NORMOXIA		S1	S2	S3	S4	S5	S6	S7	DESVEST	HMEDIA	% VARIACION
	PRE	20,182	17,011	24,13	16,973	13,54	20,95	16,45	3,507	18,46	
	POST	23,57	20,793	28,38	20,757	15,28	22,84	18	4,190	21,37	15,76
HIPOXIA		S8	S9	S10	S11	S12					
	PRE	21,152	18,844	19,78	15,235	17,09			2,069	18,42	
	POST	26,133	24,045	21,85	19,195	21,66			2,349	22,57	22,52%

Tabla 2. Pre-post protocolo. Hmedia. % de mejora.

Índice de elasticidad. $((CMJ-SJ/SJ) \times 100)$ El grupo NOR aumentó de manera más marcada que el grupo HYP, aunque ambos grupos no fueron homogéneos en este parámetro. Pre: 4,60 (NOR) – 2,9 (HIP) – Post: 9,66 (NOR) – 4,6 (HIP).

Es aparente una mejora significativa en el grupo HYP respecto al grupo NOR al considerar intervalos en la prueba (0-15''/15-30''/30-45''/45-60''). Es interesante ver que a partir de los 40'' el grupo HYP mantuvo un nivel claramente más alto. Ver tabla 3 gráfica 1.

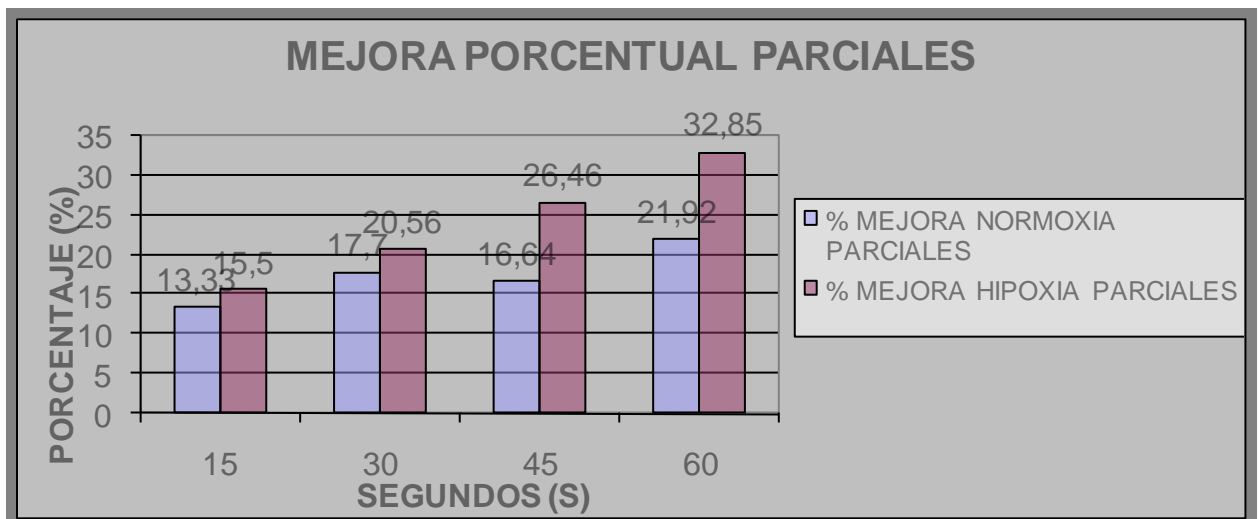
	0-15"	15-30"	30-45"	45-60"
NORMOXIA	13,33%	17,7%	16,64%	21,92%
HIPOXIA	15,5%*	20,56%*	26,46%*	32,85%**

Tabla 3. (mejoras porcentuales entre test inicial (T1) y test final.

Se hallaron diferencias significativas (ANOVA dos vías, un factor de repetición) en ambos grupos entre el pre y post en los últimos 15 segundos del test. HYP $p=0,004$ NOR $p=0,022$.

Pérdida de altura respecto a los valores iniciales (intervalos de 5 y 15 segundos).El grupo HYP mantiene la intensidad más alta hasta el final de la prueba y especialmente a partir de los 40".

Gráfica1. Mejoras % POST protocolo. Intervalos de rendimiento cada 15 segundos.



DISCUSIÓN

El presente estudio muestra que una serie de sesiones de entrenamiento en condiciones de hipoxia hipobárica (2500m, 4 sem, 3días/sem) mejora la resistencia de fuerza explosiva en sujetos físicamente activos en su rendimiento medido a nivel del mar. Esta mejora es sustancialmente mayor con respecto al grupo que entrenó con idénticas características a nivel del mar. Nuestra hipótesis respecto a la mejora cuantitativa de la vía glucolítica anaeróbica a partir de los 35-40 segundos hasta el final de la prueba de un minuto, cuando la potencia anaeróbica láctica es fundamental, se ha visto corroborada.

No hemos encontrado estudios similares sobre el análisis de la eficacia del entrenamiento de fuerza específica en la eficiencia energética en hipoxia intermitente simulada y la posible aplicación en el rendimiento específico atlético. Sin embargo, después de entrenamientos de alta intensidad en hipoxia normobárica con recuperación en normoxia se han descrito cambios a nivel muscular que teóricamente benefician la mejora del metabolismo anaeróbico: expresión de RNA de fosfofructoquinasa (PFK), factores de crecimiento del endotelio vascular y la mioglobina aumentaron con exposición a hipoxia respecto a normoxia (Vogt, 2001). Las condiciones de hipoxia pueden estimular el mecanismo regulador de la vía glucolítica, resultando en un aumento de liberación de energía en hipoxia. Es por ello que (Ogura, 2006) apreció un aumento en la liberación de energía anaeróbica en la última fase del test de Wingate (40s) y no en los primeros 20s (sin cambios significativos). El déficit de oxígeno y el aumento del lactato muscular en hipoxia respecto a normoxia sugieren que la liberación de energía por vía anaeróbica compensa la menor energía producida por vía aeróbica (Ogura, 2006). Existen evidencias de que la glucólisis anaeróbica puede aumentar durante ejercicios de alta intensidad y corta duración en hipoxia, aumentando el lactato muscular también respecto al mismo entrenamiento en nivel del mar (McClellan, 1990; Blasón, 1994).

Tan solo hemos encontrado un estudio que analizó el entrenamiento de fuerza resistencia pero con una orientación de tipo aeróbico (alto número de repeticiones con baja intensidad de ejecución) (Ibáñez, 1995). En este estudio no encontraron disminución de masa muscular en el grupo de hipoxia intermitente.

En nuestro análisis de la percepción subjetiva de esfuerzo los sujetos del grupo HYP declararon una sensación de entrenamiento más duro que el grupo de NOR. Estos datos concuerdan con un estudio previo (Ibáñez, 1995) en que los deportistas expuestos a hipoxia simulada sentían más duro el entrenamiento acompañado de aumento de ventilación, mayor frecuencia cardíaca y lactato en ejercicio en hipoxia respecto a normoxia. Este aspecto podría influir en el aspecto psicológico del entrenamiento (componente volitivo), ya que estas nuevas sensaciones podrían provocar motivación extra y promover nuevas adaptaciones inaccesibles con el entrenamiento estándar.

CONCLUSIONES

Concluimos que el entrenamiento de fuerza resistencia a la fuerza velocidad en hipoxia puede ser una herramienta útil en la mejora del rendimiento específico a nivel del mar. Puede ser un método útil y diferente de entrenamiento al cuál el sujeto de alta competencia puede realizar adaptaciones positivas. Además puede aumentar la intensidad del entrenamiento y la especificidad de aquellos atletas que requieran de altas dosis de entrenamiento específico por su alta

especialización y competencia. Se precisan más estudios específicos para optimizar esta mejora del rendimiento y la calidad del entrenamiento.

BIBLIOGRAFIA

Banister, EW. Woo, W. Effects of simulated altitude training on aerobic and anaerobic power. *Eur J Appl Physiol.* 38: 55-69, 1978.

[Bailey](#) and Davies. (1997). Physiological implications of altitude training for endurance performance at sea level: a review. *Br J Sports Med.* 31:183-190.

Bosco, C.. Evaluation and control of basis and specific muscle behaviour Part I *Track Techn.* 123: 3930-3933, 3941. 1992.

Bosco, C. Evaluation and control of basis and specific muscle behaviour Part II. *124: 3947-3951, 3972.*1992.

Bosco, C. And PV Komi. Mechanical characteristics and fiber composition of human leg extensor muscles. *Eur J Appl Physiol.* 24: 21-32. 1978.

Bosco, C. Komi, PV. Pulli, M. Pittera, C. And Montonev, H. Considerations of the training of elastic potential of human skeletal muscle. *Volleyball Tech.* J.1(3):75-80. 1982.

Bosco, C. Komi, PV. Thyhany, G. Feleke, G. Apor, P. Mechanical power test and fibre composition of human leg extensor muscles. *Eur J Appl Physiol.* 51: 129-135. 1983.

Bosco, C Luhtawen, P Komi, PV. A simple methodier measurement of mechanical power in jumping. *Eur J Appl Physiol.* 50: 273-282, 1983.

Bosco, C. Rusko, H. Hirvonen, J. The effect of extra load conditioning on muscle performance in athletes. *Med Sci sports Exer.* 18, 4: 415-419. 1986.

Bosco, C. (1994) La valoración de la fuerza con el test de Bosco. Edit. Paidotribo. Barcelona.

Bosco, C. Tihanyi, J. Rivalta, L. Parlato, G. Tranquilli, C. Pulvirenti, G. Foti, C. Viru, M. Viru, A. Hormonal responses in strenuous jumping effort. *Jpn J Physiol.* 46, 1: 1.7. 1996.

Bosco, C. La fuerza muscular. 2000. Ed. Paidotribo.

Calbet, JAL. De Paz, JA. Garatachea, N. Cabeza de Vaca, S. Chavaren, J. Anaerobic energy provisión does not limit Wingate exercise performance in endurance-trained cyclist. *J Appl Physiol.* 94: 668-676. 2003.

Calbet, JAL. Efectos del Entrenamiento en la Altitud. IX Jornadas sobre medicina y deporte de alto nivel. Madrid. 2006

Hendriksen, IJ. Meeuwsen, T. The effect of intermittent training in hypobaric on sea level a cross over study in humans. *Eur J Appl Physiol.* 2003 jan: 88(4-5): 396-403.

Hoff, J., J. Helgerud, and U. Wisloff. Maximal strength training improves work economy in trained female cross-country skiers. *Med. Sci. Sports Exerc.* 31:870–877, 1999

Ibañez, J. Rama, R. Riera, M. Prats, MT. Palacios, L. Severe hypoxia decreases oxygen uptake relative to intensity during submaximal graded exercise. *Eur J Appl Physiol.* 67: 7-13, 1993.

Johnston, RE, T. J. Quinn, R. Kertzzen, and NB. Vroman. Strength training in female distance runners - Impact on running economy. *J. Strength Cond. Res.* 11:224–229, 1997.

Katayama, K. Masuo, H. Ishida, K. Mori, S., Miyamura, M. Intermittent hypoxia improves endurance performance and submaximal exercise efficiency. *High Alt Med Biol*, 2003 Fall: 4(3): 291-304.

Komi, P.V. Physiological and biomechanical correlates of muscle function: Effects of muscle structure and stretch-shortening cycle on force and speed. In: *Exercise and Sport Sciences Reviews*. R.L. Terjung, ed. Lexington, MA: The Collamore Press, 1984. pp. 81–121.

Komi, P.V. The stretch-shortening cycle and human power output. In: *Human Muscle Power*. N.L. Jones, N. McCartney, and A.J. McComas, eds. Champaign, IL: Human Kinetics Publishers, 1986. pp. 27–39.

Komi, P.V. Stretch-shortening cycle: A powerful model to study normal and fatigued muscle. *J. Biomech.* 33:1197–1206. 2000.

Martino M., Myers K. en Bishop P., 1996. Effects of 21 days training at altitude on sea-level anaerobic performance in competitive swimmers. *Med.Sci. Sports Exerc.*, 27 S5.

McLellan, TM. Kavanagh, MF. Jacobs, I. The effect of hypoxia on performance during 30-45 s of supramaximal exercise. *Eur J Appl Physiol.* 60: 155-161, 1990.

Meeuwssen, T. Hendriksen, IJM. Holewijn, M. Training-induced increases in sea level performance are enhanced by acute intermittent hypobaric hypoxia. *Eur j Appl Physiol.* 84: 283-290. 2001.

Mikkola, J., Rusko, H., Nummela, A., Pollari, T., Concurrent endurance and explosive type strength training improves neuromuscular and anaerobic characteristics in young distance runners. *Int J Sports Med.* 10.1055/s-2007-964849 Published online 2007

Millet, GP., B. Jaquen, F. Borrani, and R. Candau. Effects of concurrent endurance and strength training on running economy and $\dot{V}O_2$ kinetics. *Med. Sci. Sports Exerc.*, Vol. 34, No. 8, pp. 1351–1359, 2002.

Mizuno, M. Juel, C. Bro-Rasmussen, T. Myging, E, Schibye, B. Rasmussen, B. Saltin, B. Limb skeletal muscle adaptation in athletes after training at altitude. *J Appl Physiol.* 68: 496-502, 1990.

Mummela, A. Rusko, H. Acclimatization to altitude and normoxic training improve 400m running performance at sea level. *J Sports Sci*, 18, 411-418. 2000.

Noakes, TD. Physiological models to understand exercise fatigue and the enhance athletic performance. *Scand J Med sci sports*. 2000 Jun: 10(3):123-140.

Noakes TD. Implications of exercise testing for prediction of athletic performance: a contemporary perspective. *Med Sci Sports Exerc* 1988; 20: 319–330

Ogita, F. Tobata, I. The effects of high-intensity intermittent training under a hypobaric hypoxia condition on anaerobic capacity and maximal oxygen uptake. In: *Biomechanics and Medicine of Swimming VIII*, edited by Keskinen, KL. Komi, PV, Hollander, AP. Jyväskylä. Finland: Gummerus Printing. 1999. p. 423-427.

Ogura, Y. Katamoto, S. Uchimar, J. Takahashi, K. Naito, H. Effects of low and high levels of moderate hypoxia on anaerobic energy release during supramaximal cycle exercise. *Eur J appl Physiol*. (2006) 98: 41-47.

Paavolainen, L, K. Hakkinen, I. Hamalainen, A. Nummela, and H. Rusko. Explosive-strength training improves 5-km running time by improving running economy and muscle power. *J. Appl. Physiol*. 86:1527–1533, 1999.

Paixao, P.J., Machado, V.M. Speed strength endurance and 400 m performance. (“New Studies in Athletics” 4 – 2004.

Roberts, AD. Clark, SA. Townsend, NE. Anderson, ME. Gore, CJ. Hahn, AG. 2003. Changes in performance maximal O₂ uptake and maximal accumulated oxygen deficit after 5, 10 and 15 days of live high: train low altitude exposure. *Eur j Appl Physiol*. 88, 390-395.

Stathis, CG. Febbraio, MA. Carey, MF. Snow, RJ. Influence of sprint training on human skeletal muscle purine nucleotide metabolism. *J Appl Physiol*. 76:1802-1809, 1994.

Stray-Gundersen, J.; Chapman, RF; Levine, B. “Living high, training low” altitude training improves sea level performance in male and female elite runners. *J Appl Physiol*. 91: 1113-1120, 2001.

Terrados, N. Melichna, J. Sylven, C. Effects of training at simulated altitude on performance and muscle metabolic capacity in competitive road cyclists. *Eur J appl Physiol*. 57:203-209. 1988.

Terrados, N. Jansson, E. Sylven, C. Kaijser, L. Is hypoxia a stimulus for synthesis of oxidate enzymes and myoglobin? *J Appl Physiol*, 68: 2369-2372. 1990.

Verhoshansky, Y. Teoría y Metodología del entrenamiento deportivo. Ed. Paidotribo. 2001.

Verhoshansky, Y. Todo sobre el método pliométrico. Ed. Paidotribo. 1999.

Vogt, M. Puntchart, A. Geiser, J. Zuleger, C. Billeter, R. Hoppeler, h. 2001. Molecular adaptations in human skeletal muscle to endurance training under simulated hypoxic conditions. *J Appl Physiol.* 91. 173-182.

Weyand, PG. Lee, CS. Martínez-Ruíz, R. Bundle, MW. Bellizzi, MJ. Wright, S. (1999). High-speed running performance is largely unaffected by hypoxic reductions in aerobic power. *J Appl Physiol.* 86: 2059-2064.