

# 간헐적인 평압·저산소 환경에서의 트레이닝 기간이 유산소성 운동능력과 혈액의 산염기평형에 미치는 영향

남상석 · 선우 섭

경희대학교

## Abstract

Nam, S.S., Sunoo, S. The effects of intermittent normobaric hypoxic training duration on aerobic performance and acid-base balance in blood. Exercise Science. ???(?): ???-???, 2010. This study was designed to investigate the effect of short and long duration intermittent normobaric hypoxia training on breathing gas, blood lactate concentration, blood acid-base balance, performance in submaximal bike exercise every two weeks during six weeks. For the purpose of this study, male collegian trained in 16.5%O<sub>2</sub>(Experimental group: E) and 20.93%O<sub>2</sub>(Control group: C) during six weeks. Also, all subject estimated in breathing gas, blood lactate concentration, blood acid-base balance. As a result, workload(C: 20.7%, E: 29.1%) and time to target HR significant improved. Clearly improvement of time to target HR presented 2-4 weeks training duration in E. Also, concentration of HCO<sub>3</sub><sup>-</sup> in exercise decreased followed training but change of pH don't presented. These results thought normobaric hypoxia training decreased HCO<sub>3</sub><sup>-</sup> throughout improve compensation of metabolic acidosis because enhancement of hypoxia ventilator response that CO<sub>2</sub> elimination in breath during exercise. Therefore, sea level exercise performance increased within 2-4 weeks training through 80%HRmax intermittent exercise training during 60min in 16.5% normobaric hypoxia (2,000m altitude).

Key words : 2,000m, normobaric hypoxia intermittent, acid-base balance, performance

## 초 록

남상석, 선우 섭. 간헐적인 평압·저산소 환경에서의 트레이닝이 유산소성 운동능력 향상과 혈액의 산염기평형에 미치는 영향. 운동과학, 제??권 제?호. ???-???, 2010. 본 연구에서는 6주간의 평압·저산소 트레이닝을 실시하는 동안 2주마다 최대 하 부하 자전거 운동 시의 산소섭취량, 혈중 젖산농도, 혈액의 산·염기 평형, 운동수행능력 등의 변화를 평지조건에서 비교함으로써 간헐적인 평압·저산소 트레이닝의 장·단기적인 효과를 설명하는데 목적을 두었다. 이를 위해 건강한 남자 대학생들을 산소농도 16.5%(2,000m 상당고도)의 평압·저산소 조건과 산소농도 20.93%의 평지조건에서 각각 트레이닝을 실시토록 하였다. 그 결과, 트레이닝 후 운동부하량(대조: 20.7%, 실험: 29.1%)과 목표 심박수 도달시간(대조: 6.0%, 실험: 19.4%)이 유의하게 향상되었으며 목표 심박수 도달시간의 증가는 실험집단에서 트레이닝 2-4주차 사이에 큰 폭으로 증가하였다. 또한 실험집단의 운동 중 HCO<sub>3</sub><sup>-</sup>의 농도는 트레이닝에 따라 낮아졌으나 pH의 변화는 보이지 않았다. 이는 평압·저산 트레이닝에 의해 저산소 환기응답이 개선되어 운동 중 호흡을 통한 CO<sub>2</sub>의 제거가 원활해짐으로써 HCO<sub>3</sub><sup>-</sup> 감소와 같은 대사성 산성증에 대한 보상능력이 향상되었기 때문으로 생각한다. 따라서 16.5% (2,000m 상당고도)의 평압·저산소 조건에서 80%HRmax로 60분의 단기간 간헐적인 운동 트레이닝을 실시하는 경우, 트레이닝 2-4주 이내에 평지 운동수행능력이 향상되는 것을 알 수 있었다.

주요어: 2,000m 상당고도, 평압·저산소, 간헐적, 산염기평형, 운동수행능력

\* 이 논문은 2008년도 정부재원(교육인적자원부 학술연구조성사업비)으로 한국학술진흥재단의 지원을 받아 연구되었음(KRF-2008-358-G00017).

## 참고문헌

- 강준구(2010). 저압·저산소 환경에서 4주간의 간헐적인 무산소성 트레이닝이 골격근의 산소화 농도 변화에 미치는 영향. 석사학위 논문, 경희대학교.
- 남상석(2006). 저압·저산소의 생리적 반응특성과 단기간의 점증형 및 고정형 훈련에 따른 유산소성 운동능력 변화. 미간행 박사학위 논문, 경희대학교.
- 남상석, 박훈영, 문황운, 선우섭(2007). 점증형 및 고정형 저압·저산소 환경에서 단기간의 간헐적인 훈련이 혈액성분 및 유산소성 운동능력에 미치는 영향. *운동과학*, 16(4): 383-392.
- 남상석, 문황운, 선우섭(2005). 산악인의 연령 및 체력특성에 따른 저압·저산소 훈련 효과. 제11회 한·중·일 건강·체육교육 심포지움 발표논문집, 51(1): 121-122.
- 선우섭, 노호성, 남상석, 황경식, 박훈영, 이은주(2007). 3,000m 상당고도에서의 간헐적인 저압·저산소 훈련이 청소년 핀수영 선수들의 유산소성 운동능력에 미치는 영향. *한국발육발달학회지*, 15(4): 241-249.
- 신종관(2005). 단기간의 체중감량이 복싱선수 체중감량 전,후 경기 시 혈액성분 및 혈액가스의 변화. *한국스포츠리서치*, 16(5): 155-160.
- 윤진환(2001). Carnitine과 Branched-chain amino acids 혼합 투여가 최대운동 후 혈중 암모니아, 젖산 및 혈액가스 변이에 미치는 영향. *한국사회체육학회지*, 15: 621-633.
- 윤진환, 김종오, 오봉석(2002). L-Carnitine 급성투여가 운동시 정맥혈액가스와 운동수행력에 미치는 영향. *한국사회체육학회지*, 18: 1271-1282.
- 윤진환, 정일규(2001). L-Carnitine 급성 투여가 점증적 최대운동시 에너지 대사, 혈액가스 및 운동수행력에 미치는 영향. *한국사회체육학회지*, 16: 607-620.
- 이은주, 선우섭(2006). 단기간의 서로 다른 형태의 저압·저산소 훈련이 유산소성 운동능력과 혈액성분에 미치는 영향 및 ACE 유전자 다형성과 고지에서의 운동수행능력과의 관계. *운동영양학회지*, 10(2): 153-161.
- 최상은(2010). 평지 및 저압·저산소 환경에서 단기간의 간헐적인 수면노출과 유산소성 트레이닝이 혈관탄성과 적혈구 변형능력에 미치는 영향. 석사학위논문, 경희대학교.
- 최용어, 배희정, 강명신, 이규성(1994). 중탄산나트륨(NaHCO<sub>3</sub>) 투여 후 운동부하 전,후 혈액가스와 혈액조성 변화에 미치는 영향. *체육과학연구소논문집*, 13(1): 35-41.
- 山本正嘉, 岸本麻美, 烏賀陽信央, 鮮于 攝, 淺野勝己, 前川剛輝, 平野裕一(2008). 富士山を利用した短期間の高所トレーニングに関する研究 -登山中の生理応答と登山後における身体能力の変化-. *登山醫學*, 28: 145-152.
- 鮮于 攝, 崔外永, 李基哲, 淺野勝己, 三森文行(1997). 31P-NMRによる低壓馴化ラット下肢筋のエネルギー代謝に関する研究, *日磁醫誌*, 17(1): 38-46.
- Basset, F.(2005). Effects of Short-term normobaric hypoxia on anaerobic and aerobic performance in highly trained athletes. 14th international hypoxia symposium, 2005: 475.
- Cerretelli, P., & Samaja, M.(2003). Acid-base balance at exercise in normoxia and in chronic hypoxia. Revisiting the "lactate paradox". *Eur. J. Appl. Physiol.*, 90: 431-448.
- Chapman, R. F., Stray-Gundersen, J., & Levine, B. D.(1998). Individual variation in response to altitude training. *J. Appl. Physiol.*, 85: 1448-1456.
- Desplanches, D., Hopeler, H., Linoissier, M. T., Denis, C., Claassen, H., Dormois, D., Lacour, J. R., & Geysant, A.(1993). Effects of training in normoxia and normobaric hypoxia on human muscle on ultra structure. *Pfluger Arch.*, 425: 263-267.
- Eaton, T., Rudkin, S., & Garrett, J. E.(2001). The clinical utility of arterialized earlobe capillary blood in the assessment of patients for long-term oxygen therapy. *Respir. Med.*, 95: 655-660.
- Fajac, I., Texereau, J., Rivoal, V., Dessanges, J-F., Dinh-Xuan, A. T., & Dall'Ava-Santucci, J.(1998). Blood gas measurement during exercise: a comparative study between arterialized earlobe sampling and direct arterial puncture in adults. *Eur. Respir. J.*, 11: 712-715.
- Favier, R., Spielvogel, H., Desplanches, D., Ferretti, G., Kayser, B., Grunenfelder, A., Leuenberger, M.,

- Tuscher, L., Caceres, E., & Hoppeler, H.(1995). Training in hypoxia vs training in normoxia in high-altitude natives. *J. Appl. Physiol.* 78(6): 2286-2293.
- Friedmann, B., Frese, F., Menold, E., Kauper, F., Jost, J., & Bärtsch, P.(2005). Individual variation in the erythropoietic response to altitude training in elite junior swimmers. *Br. J. Sports Med.*, 39: 148-153.
- Gore, C. J., Hahn, A. G., Aughey, R. J., Martin, D. T., Ashenden, M. J., Clark, S. A., Garnham, A. P., Roberts, A. D., Slater, G. J., & McKenna, M. J.(2001). Live high: train low increases muscle buffer capacity and submaximal cycling efficiency. *Acta. Physiol. Scand.*, 173: 275-286.
- Hahn, A. G., & Gore, C. J.(2001). The effect of altitude on cycling performance: a challenge to traditional concepts. *Sports Med.*, 31(7): 533-557.
- Ingjer, F., & Myhre, K.(1992). Physiological effects on altitude training on elite male cross-country skiers. *J. Sports Sci.*, 10: 37-47.
- Juel, C., Lundby, C., Sander, M., Calbet, J. A. L., & van Hall, G.(2003). Human skeletal muscle and erythrocyte proteins involved in acid-base homeostasis: adaptations to chronic hypoxia. *J. Physiol.*, 548(2): 639-648.
- Kayser, B.(1996). Lactate during exercise at high altitude. *Eur. J. Appl. Physiol.*, 74: 195-205.
- Kirubakaran, C., Gnananayagam, J. E. J., & Sundaravalli, E. K.(2003). Comparison of blood gas values in arterial and venous blood. *Indian J. Pediatr.*, 70(10): 781-785.
- Levine, B. D., & Stray-Gundersen. J.(1997). Living high-training low: the effect of moderate-altitude acclimatization with low-altitude training on performance. *J. Appl. Physiol.*, 83(1): 102-112.
- Lundby, C., Nielsen, T. K., Dela, F., & Damsgaard, R.(2005). The influence of intermittent altitude exposure to 4100m on exercise capacity and blood variables. *Scand. J. Med. Sci. Sports*, 15: 182-187.
- Marshall, H. C., Hamlin, M. J., Hellemans, J., Murrell, C., Beattie, N., Hellemans, I., Perry, T., Burns, A., & Ainslie, P. N.(2008). Effects of intermittent hypoxia on SaO<sub>2</sub>, cerebral and muscle oxygenation during maximal exercise in athletes with exercise-induced hypoxemia. *Eur. J. Appl. Physiol.*, 104: 383-393.
- Matheson, G. O., Allen, P. S., Ellinger, D. C., Hanstock, C. C., Gheorghiu, D., McKenzie, D. C., Stanley, C., parkhouse, W. S., & Hochacheka, P. W.(1991). Skeletal muscle metabolism and work capacity: a <sup>31</sup>P-NMR study of Andean natives and lowlanders. *J. Appl. Physiol.*, 70: 1963-1976.
- McComas, A. J.(1996). Skeletal muscle form and function. Champaign, IL: Human Kinetics.
- Miyashita, M., Mutoh, Y., Yoshika, Y., & Sadamoto, T.(1985). Effects of physical training. *Med. Sci. Sports*, 10: 3-5.
- Nielsen, H. B.(2003). Arterial desaturation during exercise in man: implication for O<sub>2</sub> uptake and work capacity. *Scand. J. Med. Sci. Sports*, 13: 339-358.
- Pitkin, A. D., Roberts, C. M., & Wedzicha, J. A.(1994). Arterialised earlobe blood gas analysis: and underused technique. *Thorax*, 49: 364-366.
- Reeves, J. T., Wolfel, E. E., Green, H. J., Mazzeo, R. S., Young, A. J., Sutton, J. R., & Brooks, G. A.(1992). Oxygen transport during exercise at high altitude and the lactate paradox: Lessons from Operation Everest II and Pikes Peak. In *Exercise and sport sciences reviews*, edited by Pandolf, K. B., 275-296.
- Robertson, E. Y., Saunders, P. U., Pyne, D. B., Aughey, R. J., Anson, J. M., & Gore, C. J.(2010). Reproducibility of performance changes to simulated live high/train low altitude. *Med. Sci. Sports Exerc.*, 42(2): 394-401.
- Romer, L. M., Hans, C. H., Andrew, T. L., David, F. P., & Jerome, A. D.(2006). Effect of exercise-induced arterial hypoxemia on quadriceps muscle fatigue in healthy humans. *Am. J. Physiol. Regul. Integr. Comp. Physiol.*, 290: R365-R375.
- Saunders, P. U., Telford, R. D., Pyne, D. D., Gore, C. J., & Hahn, A. G.(2009). Improved race performance in

논문투고일 : 2010. 03. 31

심사일 : 2010. 0?. ??

심사완료일 : 2010. 0?. ??

elite middle-distance runners after cumulative altitude exposure. *Int. J. Sports Physiol. Perform.*, 4(1): 134-138.

Sunoo, S., Asano, K., & Mitsumori, F.(1996). <sup>31</sup>P nuclear magnetic resonance study on changes in phosphocreatine and muscular intracellular pH in rat skeletal muscle during exercise at various inspired oxygen contents. *Eur. J. Appl. Physiol.*, 74: 305-310.

Terrados, N.(1992). Altitude training and muscular metabolism. *Int. J. Sports Med.*, Suppl 1: S206-209.

Terrados, N., Jansson, E., Sylven, C., & Kaijser, L.(1990). Is hypoxia a stimulus for synthesis of oxidative enzymes and myoglobin. *J. Appl. Physiol.*, 68(6): 2369-2372.

Terrados, N., Melichna, J., Sylven, C., Jansson, E., & Kaijser, L.(1988). Effects of training at simulated altitude on performance and muscle. *J. Appl. Physiol.*, 56: 1187-1190.

Truijens, M. J., Toussaint, H. M., Dow, J., & Levine, B. D.(2003). Effect of high-intensity hypoxic training on sea-level swimming performances. *J. Appl. Physiol.*, 94: 733-743.

Vega, R. S., Ströder, H. K., Wahrmann, B. V., Bloch, W., & Hollmann, W.(2006). Bicarbonate reduces serum prolactin increase induced by exercise to exhaustion. *Med. Sci. Sports Exerc.*, 38(4): 675-680.

Walter, S., Katja, H., Joel, R., Jose, M. G., Mauricio, S., Mercedes, M., Bernd, W., Andreas, S., & Joseph, K.(2002). Blood volume and hemoglobin mass in endurance athletes from moderate altitude. *Med. Sci. Sports Exerc.*, 34(12): 1934-1940.

Young, A. J., Evans, W. J., Cymerman, A., Pandolf, K. B., Knapik, J. J., & Maher, J. T.(1982). Sparing effect of chronic high-altitude exposure on muscle glycogen utilization. *J. Appl. Physiol.*, 63: 758-764.

Zavorsky, G. S., Cao, J., Mayo, N. E., Gabbay, R., & Murias, J. M.(2007). Arterial versus capillary blood gases: A meta-analysis. *Respi. Physiol. Neurobio.*, 155: 268-279.