

ACLIMATAÇÃO EM ALTITUDE SIMULADA: EFEITOS SOBRE A FREQUÊNCIA CARDÍACA E SATURAÇÃO DE OXIGÊNIO DA HEMOGLOBINA EM JOGADORES DE FUTEBOL

ACCLIMATIZATION AT SIMULATED ALTITUDE: EFFECTS ON THE HEART RATE AND HEMOGLOBIN OXYGEN SATURATION IN SOCCER PLAYERS

Rodrigo Ghedini Gheller^{*}
Renato Fraga Moreira Lotufo^{**}
Luis Felipe Dias Lopes^{***}
Iouri Kalinine^{****}
Luiz Osório Cruz Portela^{*****}

RESUMO

A exposição aguda à altitude sem aclimação prévia pode provocar mal-estar e diminuir o desempenho físico e esportivo. O objetivo deste estudo foi verificar o efeito de sessões de hipoxia normobárica, em repouso, na Frequência Cardíaca (FC) e Saturação de Oxigênio da Hemoglobina (SpO₂) em atletas de futebol profissional. Participaram do estudo 13 atletas, os quais foram submetidos a 15 sessões de hipoxia, 5-6 vezes por semana. A duração das sessões foi de 60 min, com fração inspirada de oxigênio entre 14% e 12%. A SpO₂ e FC foram registrados segundo a segunda durante a primeira e última sessão. Para comparar, a SpO₂ e FC da primeira sessão, última sessão e normoxia foi utilizado Anova para medidas repetidas. Houve aumento da SpO₂ (p<0,05) e redução da FC (p<0,05) na última sessão, quando comparado à primeira. Concluímos que o protocolo de treinamento utilizado no estudo melhora a resposta do organismo em hipoxia.

Palavras-chave: Altitude. Saturação de Oxigênio da Hemoglobina. Frequência cardíaca.

INTRODUÇÃO

As equipes brasileiras de futebol participantes da Taça Libertadores da América enfrentam dificuldade adicional ao competir em altitude, pois nessas condições há menor concentração de oxigênio no ar inspirado. A altitude provoca diminuição da capacidade de desempenho físico e esportivo de atletas não-aclimatados, principalmente em atividades de longa duração, proporcionando significativa vantagem às equipes nativas (BRUTSAERT et al., 2000; MCSHARRY, 2007).

A diminuição do desempenho físico em altitude referida na literatura é variável, Fox, Bowers e Foss. (1991) referem a diminuição do consumo máximo de oxigênio (VO_{2MÁX}) de aproximadamente 3 a 3,5% para cada 300 m de ascensão acima de 1.524 m. Wehrlin e Hallén (2006) observaram redução de 6,3% no VO_{2MÁX} a cada 1.000 m de altitude. Quanto à exposição aguda à hipoxia, os maiores índices de diminuição do VO_{2MÁX} são observados em atletas que apresentam os maiores valores de potência aeróbia (LAWLER; POWERS; THOMPSON,

* Especialista em Educação Física, Universidade Federal de Santa Maria, Santa Maria-RS, Brasil.

** Especialista em Medicina do Esporte, Pão de Açúcar, São Paulo-SP, Brasil.

*** Doutor. Professor do Departamento de Estatística, Universidade Federal de Santa Maria, Santa Maria-RS, Brasil.

***** Doutor. Professor do Centro de Educação Física e Desportos da Universidade Federal de Santa Maria, Santa Maria-RS, Brasil.

1988; CHAPMAN; EMERY; STAGER, 1999; WOORONS et al., 2007).

Alguns estudos (MOLLARD et al., 2007; WOORONS et al., 2005) têm mostrado que a diminuição do VO_{2MAX} durante exposição aguda à altitude está diretamente relacionado à redução da saturação de oxigênio da hemoglobina (SpO_2). Além disso, a exposição aguda à altitude aumenta a frequência cardíaca (FC) de repouso e submáxima (BEIDLEMAN et al., 2003; ALARCÓN et al., 2012). Tais alterações influenciam diretamente o débito cardíaco e conseqüentemente o VO_{2MAX} (CALBET et al., 2004). A exposição aguda à altitude, sem aclimação prévia, também aumenta o risco de desenvolvimento do mal da montanha, distúrbio conhecido pelos sintomas de dor de cabeça, náuseas, perda de apetite e sonolência (MONTGOMERY; MILLS; LUCE, 1989).

No cenário esportivo, cabe aos departamentos médico e técnico dos clubes buscarem alternativas capazes de reduzir a perda de desempenho físico e proporcionar maior bem-estar aos atletas para competirem em altitude. Neste sentido, vários métodos de aclimação foram investigados e comprovam a melhora do desempenho físico em altitude após aclimação (BEIDLEMAN et al., 2003; SAUNDERS et al., 2004; SCHULER et al., 2007). O tempo de exposição à altitude utilizado nesses estudos é variado, geralmente o tempo de exposição é superior a 30h, atingindo até alguns meses (BEIDLEMAN et al., 2003; CALBET et al., 2003; SCHULER et al., 2007; HERTZLER et al., 2009). No entanto, para atletas que participam de diferentes competições torna-se difícil para o departamento técnico destinar tanto tempo a aclimação, sendo necessária a busca de novas alternativas. Desta forma, o objetivo desta investigação foi verificar a resposta da aclimação em altitude simulada sobre a SpO_2 e FC em atletas de futebol profissional submetidos a 15 sessões de hipoxia normobárica.

MÉTODOS

Sujeitos

O grupo de estudo foi composto por 13 jogadores de futebol profissional (idade $24,7 \pm 4,5$ anos), selecionados de forma intencional. O grupo se preparava para disputar um jogo pela Taça Libertadores da América na altitude de 3.600 m.

Para participarem do estudo todos os sujeitos assinaram o Termo de Consentimento Livre e Esclarecido. O projeto foi previamente aprovado pelo Comitê de Ética e Pesquisa da instituição (protocolo 0260.0.243.000-09).

PROCEDIMENTOS EXPERIMENTAIS

Os atletas foram submetidos a 15 sessões de hipoxia normobárica no simulador de altitude (GO2Altitude, Austrália). Para verificar o efeito das sessões de hipoxia sobre a SpO_2 e FC, foi comparada a média de todo o período (60 min) da primeira e última sessão de hipoxia (13% O_2) e da condição normoxia (20,93% O_2). Para obter os dados de repouso em normoxia, os atletas permaneceram sentados durante 5 min e foi utilizada a média do último minuto como valores de referência para FC e SpO_2 em normoxia. As sessões ocorreram entre 5-6 vezes por semana, com a duração de 60 min, realizadas com o indivíduo sentado em repouso, sendo realizadas após as atividades de treinamento físico e técnico.

A fração inspirada de oxigênio utilizada para a aclimação variou entre 14 a 12% O_2 , correspondente as altitudes de 3.200 a 4.500 m, respectivamente. Para simular a altitude o equipamento (GO2Altitude) é composto por um sistema de membranas que permite a livre passagem do nitrogênio, mas retém as moléculas de oxigênio, possibilitando controlar a graduação de oxigênio desejada. A respiração ocorreu por um sistema fechado com o uso de máscaras. A SpO_2 e a FC foram mensuradas segundo a segundo através de oximetria de pulso disponível no próprio GO2Altitude durante todo o período de hipoxia.

As sessões foram realizadas inclusive em dia anterior a jogos oficiais pelo campeonato regional sem a constatação de prejuízo aparente ao desempenho esportivo. No período de aplicação das sessões de hipoxia, foram mantidas as atividades rotineiras de treinamento físico, técnico e tático.

Análise Estatística

Os dados foram submetidos à estatística descritiva para cálculo da média e desvio-padrão. Foi realizado o teste de *Shapiro Wilk* para verificar a normalidade dos dados. Para comparar as médias da SpO_2 e FC obtidas entre a primeira e última

sessão de hipoxia e condição de normoxia foi realizada a análise de variância (ANOVA) para medidas repetidas, utilizando *post-hoc* de Bonferroni. O teste t de *Student* foi utilizado com a finalidade de comparar as médias minuto a minuto entre a primeira e última sessão de hipoxia. O nível de significância adotado foi $p < 0,05$. O pacote estatístico utilizado foi o *SPSS* versão 11.5.

RESULTADOS

A FC média do grupo mensurada ao nível do mar (normoxia), obtida em repouso na posição sentada foi de $55,2 \pm 3,5$ bpm, para a SpO_2 mensurada nas mesmas condições foi $96,8 \pm 0,8\%$. Na Figura 1 são apresentados os valores médios da SpO_2 e FC, obtidos em repouso durante os 60 min de exposição à hipoxia (13% O_2) na primeira e última sessão, além dos valores obtidos em normoxia (20,93% O_2).

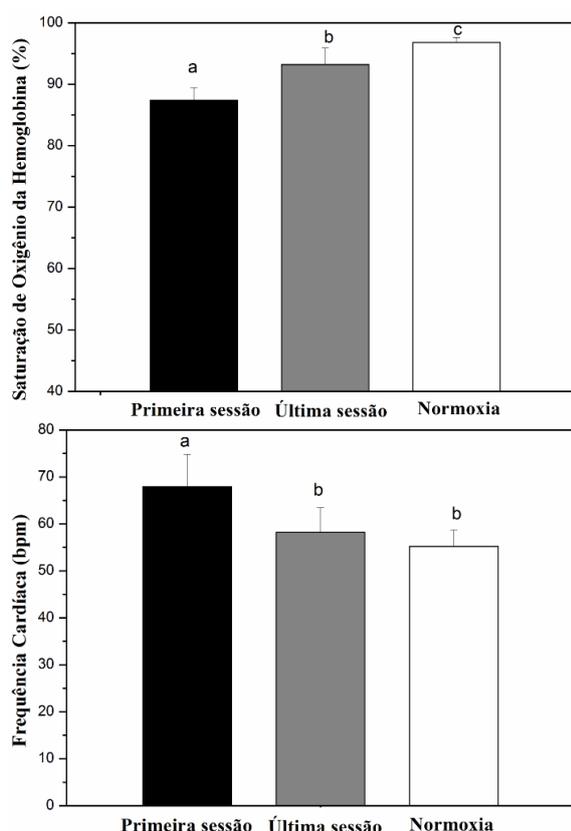


Figura 1 - Valores médios da SpO_2 e FC dos 60 min de exposição à hipoxia normobárica (13% O_2) durante a primeira e última sessão, e em normoxia (20,93% O_2). Letras diferentes representam diferença significativa ($p < 0,05$).

Na primeira sessão de hipoxia (13% O_2), a SpO_2 diminuiu e a FC aumentou significativamente ($p < 0,05$) quando comparado à situação de normoxia (20,93% O_2). Quando comparados os resultados da última sessão com os obtidos na condição de normoxia, a SpO_2 apresentou diferença ($p < 0,05$), no entanto, os valores da FC foram similares nas duas situações. O efeito da aclimação (última sessão) provocou redução da FC para valores próximos aos obtidos em normoxia ($58,2 \pm 5,2$ vs $55,2 \pm 3,5$ bpm, respectivamente).

Na última sessão foi encontrado aumento significativo ($p < 0,05$) da SpO_2 , quando comparado à primeira sessão. Em decorrência da aclimação, o aumento médio da SpO_2 para o grupo foi de 6,7% da primeira para a última sessão, aproximando os valores da SpO_2 aos observados em normoxia ($96,8 \pm 0,8\%$). Quanto à FC, foi encontrada diminuição significativa ($p < 0,05$) na última sessão quando comparada à primeira sessão. A diferença entre as médias de FC obtida na primeira para a última sessão representa uma economia de 9,7 bpm, que em termos percentuais equivale a 13,9%.

No entanto, quando os dados de SpO_2 e FC são apresentados apenas em valores médios de todo o período de duração da sessão (60 min), perde-se a percepção da oscilação dos valores no decorrer da sessão de hipoxia, que é uma característica importante para a resposta de adaptação aguda e crônica. Por este motivo, o comportamento da SpO_2 e FC são apresentados nas Figuras 2 e 3, expressos com a média de cada minuto.

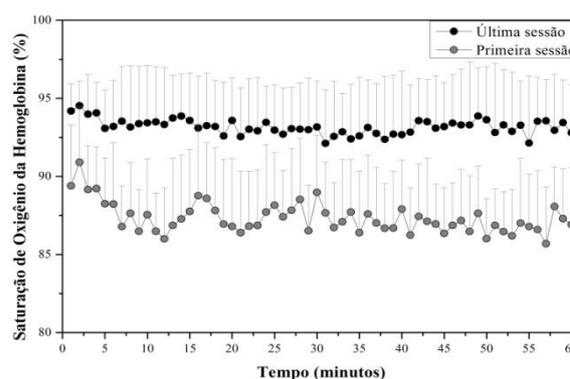


Figura 2 - Valores médios da SpO_2 apresentada minuto a minuto durante a primeira e última sessão de hipoxia normobárica (13% O_2).

Na primeira sessão percebe-se que há maior oscilação dos valores da SpO_2 ao longo dos 60 min, e parece haver uma tendência aos valores

diminuírem ao longo da sessão. No entanto, na última sessão, que caracteriza o efeito da aclimatação a hipoxia sobre a SpO_2 , pode ser observado que as oscilações dos valores são menores durante toda a sessão de hipoxia, portanto, parece haver maior estabilidade da SpO_2 após a aclimatação. Além disso, os valores da SpO_2 obtidos na última sessão foram maiores ($p < 0,05$) em todos os minutos quando comparados aos obtidos na primeira sessão.

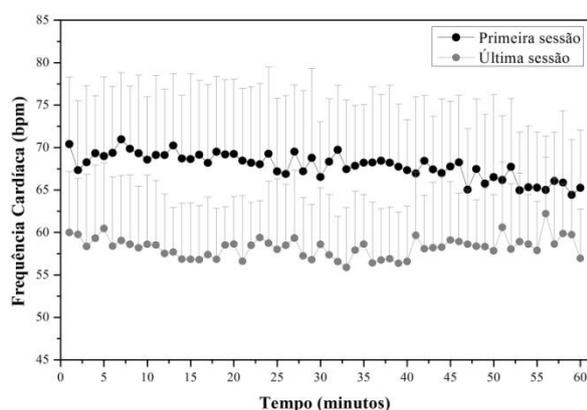


Figura 3 - Valores médios da FC apresentada minuto a minuto durante a primeira e última sessão de hipoxia normobárica (13% O_2).

Para os valores de FC apresentados minuto a minuto durante a primeira sessão de exposição a hipoxia, percebe-se que há uma tendência dos valores diminuírem ao longo da sessão, e observa-se maior oscilação dos valores de FC na primeira sessão. Além disso, os valores de FC obtidos na primeira sessão foram maiores significativamente ($p < 0,05$) em todos os minutos quando comparados aos obtidos na última sessão.

Na análise interna da última sessão, observou-se que há manutenção dos valores ao final da sessão, pois parecem estar mais próximos aos valores dos primeiros minutos da sessão. Além disso, pode ser verificado que ao longo da sessão há maior estabilidade da FC, este é um dos efeitos positivos da adaptação à hipoxia crônica, que caracterizam a aclimatação.

DISCUSSÃO

Os resultados desta investigação mostraram que a SpO_2 diminuiu e a FC aumentou durante a

exposição aguda (primeira sessão), em comparação aos valores obtidos em normoxia (20,93% O_2). Tais alterações são descritas na literatura especializada para a exposição à altitude real (LEVINE; STRAY-GUNDERSEN, 1997) ou simulada em câmara hipobárica (WEHRLIN; HALLÉN, 2006; ALARCÓN et al., 2012) e no presente estudo se comprovam também para hipoxia normobárica. Na exposição a altitudes reais, ou simuladas com câmaras hipobáricas, a redução da SpO_2 é decorrente da menor pressão parcial de oxigênio arterial (PaO_2), que diminui conforme se ascende a locais mais elevados. Isso ocorre em função da queda da pressão parcial de oxigênio na atmosfera (PO_{2atm}). Na hipoxia normobárica, a diminuição da PO_2 ocorre pela menor concentração de oxigênio ofertada por meio do ar inspirado. Em ambos os casos, a queda da PaO_2 provoca a diminuição da Saturação Arterial de Oxigênio da Hemoglobina (SaO_2), representada indiretamente nesta investigação pela SpO_2 , medida por meio de oximetria de pulso, a qual apresenta grande precisão para mensuração da SaO_2 (YAMAYA et al., 2002).

A diminuição da SpO_2 , observada na primeira sessão (Figuras 1 e 2), reduz a quantidade de oxigênio transportada pelo sangue, conseqüentemente há menor disponibilidade de O_2 para o consumo no tecido muscular. A dimensão desta redução permite avaliar a sensibilidade individual à altitude. Segundo Wehrin e Hallén (2006), a diminuição da SpO_2 que ocorre durante a exposição aguda a altitude está diretamente associada à diminuição do $VO_{2MÁX}$, no qual, 70% da redução do $VO_{2MÁX}$ poderiam ser explicados pela diminuição da SpO_2 . Além disso, Powers et al. (1989) relatam que a redução de 1% na SpO_2 abaixo de 92 - 93% provoca uma redução de ~1% no $VO_{2MÁX}$.

As alterações que ocorrem na SpO_2 afetam o equilíbrio homeostático em repouso ou em exercício, e precisam ser restabelecidas, pois provocam diminuição do desempenho físico (MAZZEO, 2008). Entre as estratégias compensatórias à manutenção do equilíbrio homeostático em repouso e exercício na altitude, encontram-se o aumento da FC (GAMBOA et al., 2001; BÄRTSCH; GIBBS, 2007). No presente estudo, tal alteração é observada na

primeira sessão, na qual houve aumento da FC de repouso quando comparado à situação de normoxia. Esta resposta aguda de adaptação é limitada, porém, possibilita a melhora das condições de oxigenação, viabilizando a realização de determinado nível de esforço físico em altitudes.

O aumento da FC de repouso em hipoxia aguda encontrada no presente estudo, diminui a FC de reserva e provoca aumento do débito cardíaco de repouso. Resultado também confirmado por outros estudos (POVEA et al., 2005; ALARCÓN et al., 2012), tanto para o repouso quanto durante o exercício submáximo. A diminuição da SpO₂ e o aumento do débito cardíaco em repouso ou em exercício submáximo são considerados os fatores decisivos para a redução do VO_{2MÁX} em altitude (CALBET et al., 2003). Em síntese, o quadro de alterações da SpO₂ e FC descritas anteriormente possibilitam um entendimento das dificuldades e da perda de desempenho físico durante exposição aguda a altitude.

Quanto aos resultados obtidos na última sessão, o presente estudo demonstra que há um aumento da SpO₂ e redução da FC em comparação aos valores obtidos na primeira sessão, e para a FC os valores são iguais aos observados em normoxia. Além disso, a SpO₂ e a FC apresentaram maior estabilidade dos valores observados minuto a minuto ao longo da última sessão de hipoxia. Bender et al., (1989) observaram a 4.300 m de altitude que a SpO₂ aumentou de 72,7% no segundo dia de exposição para 82,3% no 22º dia de aclimação, além disso, observaram redução da FC em exercício realizado com intensidade submáxima de esforço e em repouso. Esta mesma tendência de adaptação foi reportada por outros autores (CLARK et al., 2007; BEIDLEMAN et al., 2003) em câmara hipobárica. Beidleman et al., (2003) observaram que a SpO₂ de repouso aumentou de 82% para 90% e a FC diminuiu de 93 para 78 bpm após três semanas de aclimação (4h/dia, 5 dias/semana, 4.300 m). Semelhantes tendências são relatadas em estudos com hipoxia normobárica (POVEA et al, 2005; VENTURA et al, 2003). Confirma-se com os autores citados, nos diferentes tipos de hipoxia, uma resposta de adaptação similar a obtida nesta investigação.

No estudo realizado por Hetzler et al., (2009), houve aumento da SpO₂ após período de aclimação que somou 30,8h em câmara hipobárica. Os autores consideram que o tempo de exposição utilizado foi bem menor do que geralmente reportado na literatura especializada. No entanto, demonstramos que com uma quantidade ainda menor, 15 sessões 1h por dia, foi obtido efeito de adaptação similar.

De acordo com estudos anteriores (BENDER et al., 1989; BEIDLEMAN et al., 2003), a redução da FC de repouso reflete também na queda da FC durante exercício submáximo após aclimação a altitude. Ambas as situações apresentam redução do débito cardíaco (GROVER; WEIL; REEVES, 1986) para a mesma intensidade de esforço, e isso implica em menor carga de trabalho ao coração. Além disso, a exposição crônica a altitude aumenta a SpO₂, elevando a oferta de oxigênio para o sangue e tecido muscular (BENDER et al., 1989). Tais adaptações à altitude são as condições consideradas pré-requisitos para o aumento do VO_{2MÁX} e do desempenho físico em altitude (BASSETT; HOWLEY, 2000). Uma vez obtidas tais adaptações, seus efeitos não se restringem a condição de repouso, mas se mantêm também na situação de exercício.

Pelo fato do grupo de estudo encontrar-se em período competitivo (Campeonato Estadual e Taça Libertadores da América), não houve possibilidade de realizar testes ergométricos, em função dos desgastes físicos que estes proporcionariam aos atletas e do tempo disponível. Desta forma, este estudo apresenta algumas limitações, como não ter sido utilizadas medidas de desempenho físico pré e pós-período de aclimação, como medidas de trocas gasosas (VO_{2MÁX} e VE) e metabólicas como concentração de lactato sanguíneo e seus limiares.

CONCLUSÃO

Concluimos que sessões de hipoxia normobárica, no protocolo e número aqui aplicados (15 sessões, 60 min/dia, 5-6 dias/semana, 12-14% O₂) são suficientes para aumentar a SpO₂ e diminuir a FC em repouso após o período de aclimação, quando comparados com a primeira sessão, além disso, a FC na última sessão em hipoxia apresenta valores iguais aos observados em normoxia.

ACCLIMATIZATION AT SIMULATED ALTITUDE: EFFECTS ON THE HEART RATE AND HEMOGLOBIN OXYGEN SATURATION IN SOCCER PLAYERS

ABSTRACT

The acute exposure at altitude without previous acclimatization may cause sickness and decrease the sport and physical performance. This research aimed at verifying the effect of normobaric hypoxia sessions, at rest, on the Hemoglobin Oxygen Saturation (SpO₂) and the Heart Rate (HR) of professional soccer athletes. Thirteen athletes performed 15 sessions of hypoxia, 5-6 times a week, with 60 min of duration and with the fraction of inspired oxygen between 14 and 12%. The SpO₂ and HR were recorded every second during the first and the last session. In order to compare the SpO₂ and HR from the first session, last session and normoxia it was used the ANOVA with repeated measures. There was an increase in the SpO₂ (p<0.05) and a decreased HR (p<0.05) for the last session when compared to the first session. We conclude that the training protocol used in the acclimatization study improves the organism response to hypoxia.

Key words: Altitude. Hemoglobin Oxygen Saturation. Heart Rate

REFERÊNCIAS

- ALARCÓN, C. B. et al. Cardiorespiratory parameters during submaximal exercise under acute exposure to normobaric and hypobaric hypoxia. **Apunts Medicine de l'Esport**, Madri, v. 47, no. 174, p. 65-72, 2012.
- BÄRTSCH, P.; GIBBS, S. R. Effect of Altitude on the Heart and the Lungs. **Circulation**, Dallas, v. 116, p. 2191-2202, 2007.
- BASSETT, D. R.; HOWLEY, E. T. Limiting factors for maximum oxygen uptake and determinants of endurance performance. **Medicine and Science in Sports and Exercise**, Indianapolis, v. 32, no. 1, p. 70-84, 2000.
- BEIDLEMAN, B. A. et al. Intermittent altitude exposures improve muscular performance at 4,300 m. **Journal of Applied Physiology**, Washington, DC, v. 95, p. 1824-1832, 2003.
- BENDER, P. R. et al. Increased exercise SaO₂ independent of ventilatory acclimatization at 4,300 m. **Journal of Applied Physiology**, Washington, DC, v. 66, p. 2733-2738, 1989.
- BRUTSAERT, T. D. et al. Performance of Altitude Acclimatized and Non-Acclimatized Professional Football (Soccer) Players at 3,600 m. **Journal of Exercise Physiology Online**, New York, v. 3, no. 2, p. 28-37, apr. 2000.
- CALBET, J. A. L. et al. Determinants of maximal oxygen uptake in severe acute hypoxia. **American Journal of Physiology – Regulatory, Integrative and Comparative Physiology**, Bethesda, v. 284, p. 291-303, 2003.
- CALBET, J. A. L. et al. Maximal muscular vascular conductances during whole body upright exercise in humans. **The Journal of Physiology**, Cambridge, v. 558, p. 319-331, 2004.
- CHAPMAN, R. F.; EMERY, M.; STAGER, J. M. Degree of arterial desaturation in normoxia influences VO₂max decline in mild hypoxia. **Medicine and Science in Sports and Exercise**, Indianapolis, v. 31, no. 5, p. 658-663, 1999.
- CLARK, S. A.; et al. The effect of acute simulated moderate altitude on power, performance and pacing strategies in well-trained cyclists. **European Journal of Applied Physiology**, Berlin, v. 102, p. 45-55, 2007.
- FOX, E. L.; BOWERS, R. W.; FOSS, M. L. **Bases Fisiológicas da Educação Física e dos Desportos**. 4. Ed. Rio de Janeiro: Guanabara Koogan, 1991.
- GAMBOA, A. et al. Ventilatory and cardiovascular responses to hypoxia and exercise in andean natives living at sea level. **High Altitude Medicine and Biology**, New York, v. 2, p. 341-347, 2001.
- GROVER, R. F.; WEIL, J. V.; REEVES, L. T. Cardiovascular adaptation to exercise at high altitude. **Exercise and Sport Sciences Reviews**, Hagerstown, v. 14, p. 269-302, 1986.
- HERTZLER, R. K. et al. The effect of dynamic intermittent hypoxic conditioning on arterial oxygen saturation. **Wilderness Environmental Medicine**, New York, v. 20, p. 26-32, 2009.
- LAWLER, J.; POWERS, S. K.; THOMPSON, D. Linear relationship between VO₂max and VO₂max decrement during exposure to acute hypoxia. **Journal of Applied Physiology**, Washington, DC, v. 64, p. 1486-1492, 1988.
- LEVINE, B. D.; STRAY-GUNDERSEN, J. "Living high-training low": effect of moderate-altitude acclimatization with low-altitude training on performance. **Journal of Applied Physiology**, Washington, DC, v. 83, no. 1, p. 102-112, 1997.
- MAZZEO, R. S. Physiological Responses to exercise at altitude. **Sports Medicine**, Auckland, v. 38, p. 1-8, 2008.
- MCSHARRY, P. E. Effect of altitude on physiological performance: a statistical analysis using results of international football games. **British Medical Journal**, London, v. 335, p. 1278-1281, 2007.
- MOLLARD, P. et al. Determinants of maximal oxygen uptake in moderate acute hypoxia in endurance athletes. **European Journal of Applied Physiology**, Berlin, v. 100, p. 663-673, 2007.
- MONTGOMERY, A. B.; MILLS, J.; LUCE, J. M. Incidence of acute mountain sickness at intermediate altitude. **The Journal of the American Medical Association**, Chicago, v. 261, no. 5, p. 732-734, 1989.
- POVEA, C. et al. Effects of Intermittent Hypoxia on Heart Rate Variability during Rest and Exercise. **High Altitude Medicine & Biology**, New York, v. 6, no. 3, p. 215-225, 2005.

POWERS, S. K. et al. Effects of incomplete pulmonary gas exchange on VO_{2MAX} . **Journal of Applied Physiology**, Washington, DC, v. 66, p. 2491-2495, 1989.

SAUNDERS, P. U. et al. Improved running economy in elite runners after 20 days of simulated moderate-altitude exposure. **Journal of Applied Physiology**, Washington, DC, v. 96, p. 931-937, 2004.

SCHULER, B. et al. Timing the arrival at 2340m altitude for aerobic performance. **Scandinavian Journal of Medicine & Science in Sports**, Copenhagen, v. 17, p. 588-594, 2007.

VENTURA, N. et al. The response of trained athletes to six weeks of endurance training in hypoxia or normoxia. **International Journal of Sports Medicine**, Stuttgart, v. 24, p. 166-172, 2003.

WEHRLIN, J. P.; HALLÉN, J. Linear Decrease in $VO_{2Máx}$ and performance with increasing altitude in endurance athletes. **European Journal of Applied Physiology**, Berlin, v. 96, p. 404-412, 2006.

WOORONS, X. et al. Effect of acute hypoxia on maximal exercise in trained and sedentary women. **Medicine and Science in Sports and Exercise**, Indianapolis, v. 37, p. 147-154, 2005.

WOORONS, X. et al. Moderate exercise in hypoxia induces a greater arterial desaturation in trained than untrained men. **Scandinavian Journal of Medicine & Science in Sports**, Copenhagen, v. 17, p. 431-436, 2007.

YAMAYA, Y. et al. Validity of pulse oximetry during maximal exercise in normoxia, hypoxia, and hyperoxia. **Journal of Applied Physiology**, Washington, DC, v. 92, p. 162-168, 2002.

Recebido em 23/02/2011

Revisado em 06/10/2012

Aceito em 11/12/2012

Endereço para correspondência:

Luiz Osório Cruz Portela. Av. Roraima n° 1000, Centro de Educação Física e Desportos – UFSM, CEP: 97105-900, Santa Maria – RS. E-mail: luizzportela@gmail.com