

**UNIVERSIDADE FEDERAL DE SANTA MARIA - UFSM  
CENTRO DE EDUCAÇÃO FÍSICA E DESPORTOS  
ESPECIALIZAÇÃO – ATIVIDADE FÍSICA, DESEMPENHO MOTOR E SAÚDE**

**Efeito de Recuperação Hiperóxica Sobre o Desempenho de Corrida em Normoxia**

**Autor: Bruno Prestes Gomes  
Orientador: Luiz Osório Cruz Portela**

**Santa Maria, RS – Brasil  
2010**

## RESUMO

O objetivo do presente estudo foi analisar o efeito de uma recuperação de quinze minutos em hiperoxia (99,9% de oxigênio) sobre parâmetros de recuperação e performance de corrida. Onze jogadores de futebol de campo do sexo masculino ( $16,1 \pm 0,9$  anos,  $72,4 \pm 6,9$  kg,  $178,0 \pm 5,9$  cm) realizaram, no intervalo de uma semana, duas sessões (T1 e T2) de testes ergoespirométricos de esforço, com aumento progressivo da velocidade de corrida até a fadiga. Cada sessão foi composta de dois testes máximos com uma pausa de quinze minutos de recuperação em hiperoxia (H) ou normoxia (N) entre eles e, encerrando com uma recuperação final de 5 minutos. Foram analisadas as variáveis de esforço: frequência cardíaca (FC), lactato sanguíneo (LA), sensação subjetiva de esforço (SSE), saturação de oxigênio ( $SpO_2$ ) e velocidade, tempo e distância de corrida na esteira ergométrica. O T1 e o T2 não apresentaram diferença significativa para a comparação do uso de H x N para as variáveis FC, SSE, LA e  $SpO_2$ , porém foi constatada diferença significativa ( $p < 0,05$ ) para tempo e distância de corrida na esteira quando submetido á recuperação hiperóxica. A hiperoxia aumenta a performance de corrida quando comparado com a respiração normóxica.

**Palavras-chave:** Performance, Hiperoxia, Esforço.

## ABSTRACT

The aim of present study was to analyze the effect of a recovery of fifteen minutes in hyperoxia (99.9% oxygen) parameters on recovery and running performance. Eleven soccer players from the field of male ( $16,1 \pm 0,9$  years,  $72,4 \pm 6,9$  kg,  $178,0 \pm 5,9$  cm) performed in the interval of one week, two sessions (T1 and T2) ergoespirometric tests of work, with a progressive increase in running speed even fatigue. Each session consisted of two tests with a maximum break of fifteen minutes of recovery in hyperoxia (H) or normoxia (N) between them, and ending with a final recovery of 5 minutes. The variables of exertion: HR (heart rate), blood lactate (LA), rating of perceived exertion, oxygen saturation ( $SpO_2$ ) and speed, time and distance running on ergometric mat. T1 and T2 showed no significant difference compared to the use of H x N for the variables FC, NE, LA and  $SpO_2$ , but was found significant difference ( $p < 0.05$ ) for time and distance of the race mat when submitted will hyperoxic recovery. The hyperoxia increases running performance compared with breathing normoxic.

**Keywords:** Performance, Hyperoxia, Exertion.

## INTRODUÇÃO

A hiperoxia (H) aumenta a capacidade de desempenho atlético se aplicada durante a execução da atividade física<sup>(2)</sup>. Por esse motivo é considerada como recurso ergogênico no âmbito da fisiologia do exercício. Entre os efeitos fisiológicos relatado a H aumenta a pressão arterial de oxigênio (PAO<sub>2</sub>), de cerca de 100 para 400 mm Hg, proporcionando o aumento do conteúdo de O<sub>2</sub> transportado pelo sangue<sup>(2, 7)</sup>.

Em linhas gerais a exposição aguda em H permite o aumento do desempenho aeróbio. Da mesma forma é realizado em H, em comparação com a situação de normoxia (N, 21% de O<sub>2</sub>)<sup>(4, 9, 12, 13, 14, 15)</sup>, uma maior quantidade de trabalho físico para a mesma FC<sup>(1, 7)</sup>, com a menor sensação subjetiva de esforço (SSE). Outro efeito da H é a diminuição do glicogênio muscular e da produção de lactato sanguíneo (LA) durante exercício<sup>(2)</sup>. Para este autor a diminuição do LA sob condições de hiperoxia se deve a diminuição da produção do lactato na musculatura esquelética e da diminuição da produção de piruvato<sup>(7, 2)</sup>.

A inalação de ar “rico” em O<sub>2</sub> facilita a liberação de oxigênio da hemoglobina<sup>(3)</sup>. Sendo assim, a H é um recurso ergogênico capaz aumentar a oxigenação dos tecidos musculares e,

consequentemente, aumentar a performance de corrida<sup>(16, 17)</sup>.

Apesar de resultados controversos é consenso que o uso de hiperoxia durante o exercício aumenta o desempenho físico. No entanto pouco investigado é a aplicação prévia da H e o efeito posterior sobre o desempenho físico.

Devido a este motivo o presente estudo tem como objetivo analisar os efeitos do uso de hiperoxia (99,9% de O<sub>2</sub>), durante o intervalo de pausa de 15 minutos, sobre a de recuperação e a performance de corrida.

## MÉTODOS

### Grupo de Estudo

Participaram do estudo, após assinatura do Termo de Consentimento Livre e Esclarecido (TCLE) conforme as normas de ética em investigação de seres humanos segundo a resolução CNS 196/96, onze atletas jogadores de futebol de campo (categoria juvenil), do Instituto Ronaldinho Gaúcho – Santa Maria – RS, do sexo masculino (16,1 ± 0,9 anos, 72,4 ± 6,9 kg, 178,0 ± 5,9 cm). Os atletas treinavam de cinco a seis vezes por semana (pelo turno da tarde, de 3 a 4 horas.) e participavam de competições em nível estadual. Os indivíduos foram orientados a não realizar treinamento intenso e não ingerir bebidas contendo cafeína e álcool

nas 24 horas que antecederam os testes laboratoriais. Este estudo foi aprovado pelo Comitê de Ética em Pesquisa da Universidade Federal de Santa Maria – UFSM – Santa Maria – RS (Processo CEP 23081.005398/2009-60).

## **Delineamento Experimental e**

### **Instrumentos Utilizados**

Os atletas compareceram ao laboratório, onde foi realizado o experimento compostos por dois dias de testes (T1 e T2) com protocolos iguais de medidas de esforço. O T1 e o T2 foram separados por uma semana de intervalo e foram realizados nos mesmos horários do dia ( $\pm 1,5$ h) com temperatura controlada ( $21-22^{\circ}\text{C}$ ), ambos foram compostos por: esforço máximo na esteira ergométrica, (caracterizado como 1ª parte); pausa de recuperação (15 minutos); repetição do teste de esforço máximo (caracterizado como 2ª parte); recuperação final (5 minutos).

Os avaliados determinaram voluntariamente o nível de esforço realizado. Durante a pausa de recuperação permaneceram sentados inspirando a mistura gasosa de  $\text{O}_2$ . Os participantes e o avaliador não sabiam a concentração de gás inalado para caracterização de um experimento duplo cego. A repetição do teste de esforço máximo (2ª parte) ocorreu

imediatamente após o final da pausa de recuperação.

No primeiro dia de avaliações (T1) os participantes foram submetidos á medidas da composição corporal. Foram utilizadas medidas de Massa Corporal ( $72,4 \pm 6,8$  kg) com balança digital da marca Welmy, com capacidade máxima de 200 kg, precisão de 100g. Para a estatura ( $178,0 \pm 5,9$  cm) foi utilizado um estadiômetro de madeira com resolução 5cm e circunferência cintura (CC  $76,9 \pm 4,4$ ) com fita antropométrica Cescorf (resolução 1mm). As dobras cutâneas (DC): bíceps (DC Bic  $4,6 \pm 1,0$ ), tríceps (DC TR  $9,9 \pm 3,2$ ), subescapular (DC Subesc  $10,5 \pm 1,9$ ), suprailíaca (DC Suprail  $12,8 \pm 3,0$ ), abdominal (DC ABD  $12,9 \pm 3,5$ ), coxa (DC CX  $13,2 \pm 3,6$ ), panturrilha (DC Pant  $8,8 \pm 2,8$ ) foram mensuradas com plicômetro científico Cescorf (resolução 0,1mm), também foi mensurado o peso gordo kg ( $9,3 \pm 1,5$ ), massa magra kg ( $63,1 \pm 6,1$ ), % massa magra ( $87,2 \pm 1,6$ ). Foi calculado o Somatório das DC (Bic+TR+Subesc+Suprail+ABD+CX+Pant =  $72,9 \pm 16,1$ ). Utilizou-se para o % de Gordura o protocolo de Faulkner 1968 ( $12,8 \pm 1,6$ ). Para o teste de esforço máximo utilizou-se uma esteira ergométrica INBRAMED modelo 1020. Adotou-se o protocolo de MADER (1976): - aumento de velocidade de 1,8 km/h a cada 5 minutos de estágio, com inclinação

de 1%. Durante o teste máximo na esteira foram coletadas as variáveis: tempo, distancia e velocidade de corrida extraídas do visor da esteira. Durante o mesmo, mensurou-se o lactato sanguíneo, que foi coletado após punção do lóbulo da orelha com uma lanceta, sendo coletado em um capilar de 20 microlitros, colocado dentro de um tubo ependorf com uma substância para hemólise sanguínea e levada para análise imediata, e para a facilitação na coleta, uma pomada vasodilatadora foi colocada previamente no local da incisão, sendo que cada coleta foi realizada: primeiramente no repouso, nos 15 segundos finais de cada estágio de 5 minutos de corrida, no início e no final da pausa de recuperação e ao término da recuperação final, assim o lactato foi medido enzimaticamente no sangue total com o uso do equipamento Biosen 5030<sup>®</sup> do fabricante EKF Diagnostic. A frequência cardíaca foi mensurada minuto a minuto no repouso, teste máximo (1ª parte), pausa de recuperação, teste máximo (2ª parte) e recuperação final através um frequencímetro da marca POLAR, anexado em uma cinta elástica que foi colocada na altura do peito do avaliado e os dados transmitidos a um relógio digital. Para a mensuração da sensação subjetiva de esforço foi utilizada a Escala de Borg sendo que os valores de referência da SSE foram obtidos durante o período de esforço

do teste na esteira, no final de cada estágio de 5 minutos, através da informação verbal ou indicação gestual por parte do avaliado. A saturação de oxigênio (SpO<sub>2</sub>) foi mensurada durante a pausa de recuperação com oxímetro de pulso da marca Nonin. Na pausa de recuperação os avaliados permaneceram sentados respirando através de uma máscara uma concentração gasosa de O<sub>2</sub> em 99,9% (H) ou 21% (N), sendo mensurado a FC, SpO<sub>2</sub>, havendo duas coletas de lactato, uma no início da pausa e a outra ao final da mesma. Ao término da 2ª parte do teste de esforço máximo, os avaliados entraram na recuperação final com coleta da FC e o lactato sanguíneo no início e ao final da recuperação.

No T2 foi repetido os mesmos procedimentos do T1, com exceção da concentração de oxigênio respirada. Se no T1 foi respirado 99,9% de O<sub>2</sub> no T2 deveria ser respirado 21% de O<sub>2</sub> e vice versa.

## **ANÁLISES ESTATÍSTICAS**

Os procedimentos utilizados envolveram estatística descritiva (médias ± DP). A normalidade dos dados foi analisada através do teste de kruskal-wallis e os resultados comparados através de teste t pareado. O nível de significância adotado foi de  $p < 0,05$ . Os dados foram tratados por meio do pacote estatístico SAS.

## RESULTADOS

Os valores das variáveis individuais de tempo e distâncias da 1ª parte dos testes de esforço na esteira T1 e T2 foram comparados entre si, através do teste t pareado. Os resultados foram iguais, não havendo diferença estatisticamente significativa ( $p > 0,05$ ).

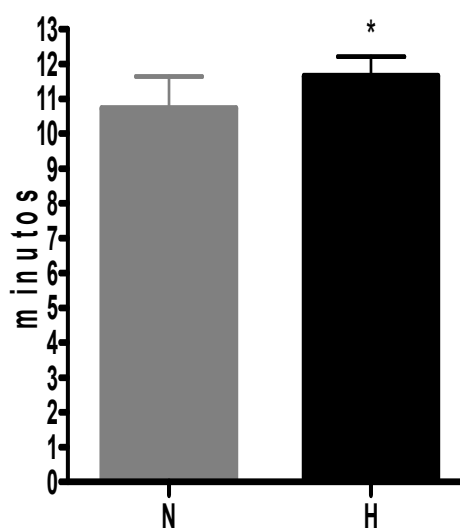
Na 1ª parte do T1 e T2, também não se encontrou diferença significativa para as variáveis FC, LA e SSE ( $p > 0,05$ ). Os valores médios de FC encontrados no T1 foram  $154,72 \pm 51,78$ ; T2=  $152,18 \pm 50,84$  e para o LA, T1=  $5,10 \pm 3,40$ ; T2 =  $4,81 \pm 3,55$ .

Durante a pausa de recuperação, nas duas situações (H e N), foram analisadas as variáveis FC (N=  $101,45 \pm 11,22$ ; H=  $100,18 \pm 8,68$ ), LA (N=  $4,19 \pm 1,26$ ; H=  $4,29 \pm 1,77$ ) e SPO<sub>2</sub> (N=  $96,63 \pm 0,92$ ; H=  $99,63 \pm 0,50$ ). Nenhuma dessas variáveis demonstraram diferença significativa ( $p > 0,05$ ) entre as situações medidas.

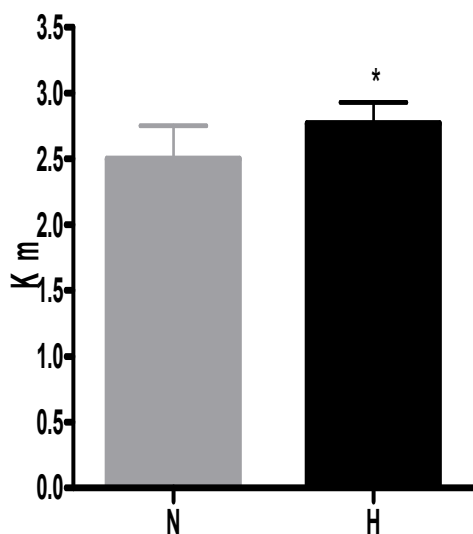
Para a comparação entre a 2ª parte dos testes de esforço máximo foi constatado aumento de performance dos avaliados em hiperoxia ( $p < 0,05$ ). Os valores das médias em ambas as situações estão expressos na tabela 1.

**Tabela 1:** Média e desvio padrão das variáveis tempo e distância de corrida.

|                         | N                | H                |
|-------------------------|------------------|------------------|
| <b>Tempo em minutos</b> | 10,71 $\pm$ 3,05 | 11,65 $\pm$ 1,87 |
| <b>Distância em km</b>  | 2,49 $\pm$ 0,84  | 2,76 $\pm$ 0,53  |



**Figura 1.** Efeito da hiperoxia (H) e normoxia (N) sobre o tempo de corrida na 2ª parte. Cada coluna representa média  $\pm$  DP dos avaliados em N e H. (Teste t pareado). (\* $p < 0,05$ ).



**Figura 2.** Efeito da hiperoxia (H) e normoxia (N) sobre a distância de corrida na 2ª parte. Cada coluna representa média  $\pm$ DP dos avaliados em N e H. (Teste t pareado). (\* $p < 0,05$ ).

Portanto houve um aumento significativo de performance ( $p < 0,05$ ). Ou seja, quando submetidos a H os avaliados aumentaram o rendimento do o tempo de corrida em 8,76% e, da distância, em 10,8%.

As variáveis FC, LA e SSE mensuradas em esforço não demonstraram diferença significativa ( $p > 0,05$ ).

Na recuperação final foi mensurado a FC e o LA. Não foi encontrada diferença significativa ( $p > 0,05$ ) para ambas as situações (N e H).

## DISCUSSÃO

O principal achado desta pesquisa foi o aumento no tempo e distância de

corrida na esteira ergométrica. No entanto, como relatado por outros estudos<sup>(5, 11)</sup>, não foi encontrado diferenças significativas para as outras variáveis fisiológicas de exercício medidas nesta investigação.

O modelo experimental utilizado neste analisou o efeito da hiperoxia na pausa de recuperação ao contrário dos autores citados que usaram a H durante exercício ou avaliaram o efeito da H crônica após período de treinamento físico e inalação de H como método adicional objetivando ganho de performance<sup>(3, 7, 18)</sup>.

As variáveis de esforço (FC e LA), mensuradas neste experimento, na qual não demonstraram diferenças sob situação de H comparado com a N, pode ser comparada com um estudo realizado por Reinhart, et al.<sup>(7)</sup> onde foi demonstrado um aumento apenas na  $PaO_2$ , porém variáveis hemodinâmicas como a FC, PA ou lactato sanguíneo e  $VO_{2máx}$  não diferiram entre as condições de H á 100% de  $O_2$  e N á 21% de  $O_2$ .

A concentração de 99,9% de oxigênio, utilizada nesta investigação, já foi ministrada em outros estudos<sup>(7, 8)</sup>, que utilizaram concentrações menores, como por exemplo, á 60% de  $O_2$ <sup>(2, 3)</sup>. Nesse sentido Stellingwerff, et al.<sup>(2)</sup> observaram uma redução de 16% na glicogenólise muscular em situação de hiperoxia (60%  $O_2$ ) comparada com normoxia (21%  $O_2$ ). Outra pesquisa verificou os efeitos da H á

40% O<sub>2</sub>. Foi constatada uma redução significativa da ventilação minuto, frequência cardíaca, concentração de lactato sanguíneo e sensação subjetiva de esforço<sup>(10)</sup>. Esta investigação difere nos resultados, pois não conseguiu demonstrar os efeitos obtidos por ambos os estudos anteriormente citados nas variáveis fisiológica investigadas.

## CONCLUSÃO

Conclui-se, mesmo não havendo diferença significativa para as variáveis biológicas de esforço e recuperação (FC, LA, SpO<sub>2</sub>), houve redução da FC, do LA e aumento da SpO<sub>2</sub> durante o esforço após H. A inalação de hiperoxia á 99,9% de O<sub>2</sub> na pausa de recuperação de 15 minutos, proporcionou um aumento significativo de performance de corrida (tempo= 8,76% e distância= 10,8%) comparado com a mesma situação de teste em normoxia. Assim o recurso ergogênico hiperoxia aumenta a performance de corrida.

A mínima melhora sobre qualquer aspecto que possa interferir de forma positiva na performance, é de grande relevância para o meio desportivo, pois o esporte de alto rendimento é o detalhe que define o êxito no desempenho.

## REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. REINHART, K.; BLOOS, F.; KONIG, F.; BREDLE, D.; and HANNEMANN, L. **Reversible Decrease of Oxygen Consumption by Hyperoxia**. CHEST is the official journal of the American College of Chest Physicians. *Chest* 1991;99:690-694.
2. STELLINGWERFF, T.; LEBLANC, P. J.; HOLLIDGE, M. G.; HEIGENHAUSER, G. J. F. and SPRIET, L. L. **Hyperoxia Decreases Muscle Glycogenolysis, Lactate Production, and Lactate Efflux During Steady-State Exercise**. *Am J Physiol Endocrinol Metab* 290: E1180–E1190, 2006.
3. PERRY, C. G. R.; TALANIAN, J. L.; HEIGENHAUSER, G. J. F. and SPRIET, L. L. **The Effects of Training in Hyperoxia vs. Normoxia on Skeletal Muscle Enzyme Activities and Exercise Performance**. *J Appl Physiol* 102: 1022–1027, 2007.
4. BANNISTER, R. G and CUNNINGHAM, D. J. **The Effects on the Respiration and Performance During Exercise of Adding Oxygen to the Inspired Air**. *J Physiol* 125: 118–137, 1954
5. MACDONALD, M.; PEDERSEN, P. K. and HUGHSON, R. L. **Acceleration of V' O<sub>2</sub> kinetics in Heavy Submaximal Exercise by Hyperoxia and Prior High-Intensity Exercise**. *J Appl Physiol* 83:1318-1325, 1997.
6. RIVERS, E. P.; MARTIN, G. B.; SMITHLINE, H. A. and NOWAK, R. M. **Venous Hyperoxia after Cardiac Arrest. Characterization of a Defect in Systemic Oxygen Utilization**. CHEST is the official journal of the American College of Chest Physicians. *Chest* 1992;102:1787-1793
7. HOUSSIE'RE, A.; NAGEM, B.; CUYLITS, N.; CUYPERS, S.; NAEIJE, R.; and BORNE, P. V. **Hyperoxia Enhances Metaboreflex Sensitivity During Static Exercise in Humans**. *Am J Physiol Heart Circ Physiol* 291: H210–H215, 2006.



8. ATKINS, J. L.; JOHNSON, K. B. and PEARCE, F. J. **Cardiovascular Responses to Oxygen Inhalation After Hemorrhage in Anesthetized Rats: Hyperoxic Vasoconstriction.** *Am J Physiol Heart Circ Physiol* 292: H776–H785, 2007.
9. HILL, A.V.; LONG, C.N.H.; JUPTON, H. **Muscular Exercise, Lactic Acid, and the Supply and Utilisation of Oxygen. VII. Muscular exercise and oxygen intake.** *Proc R Soc Lond B Biol Sci* 97: 155–167, 1924.
10. PETERSEN, S. R.; DREGER, R. W.; WILLIAMS, B. E and MCGARVEY, W. J. **The Effects of Hyperoxia on Performance During Simulated Firefighting Work.** Taylor & Francis Ltd. *ERGONOMICS*, 2000, VOL. 43, NO2, 210-222.
11. EVES, N. D.; PETERSEN, S. R. and JONES, R. L. **The Effect of Hyperoxia on Submaximal Exercise With the Self-Contained Breathing Apparatus.** Taylor & Francis Ltd. *ERGONOMICS*, VOL. 45, NO. 12, 840 ± 849, 2002.
12. MARGARIA, R.; EDWARDS, H. T. and DILL, D.B. **The Possible Mechanisms of Contracting and Paying the Oxygen Debt and the Role of Lactic Acid in Muscular Contraction.** *Am J Physiol* 106: 689–715, 1933.
13. PLET, J.; PEDERSEN, P.K.; JENSEN, F.B. and HANSEN, J.K. **Increased Working Capacity with Hyperoxia in Humans.** *Eur J Appl Physiol Occup Physiol* 65: 171–177, 1992.
14. WELCH, H. G. **Effects of Hypoxia and Hyperoxia on Human Performance.** *Exerc Sport Sci Rev* 15: 191–221, 1987.
15. WELCH, H. G. **Hyperoxia and Human Performance: a Brief Review.** *Med Sci Sports Exerc* 14: 253–262, 1982.
16. ATTAR, S. M.; ESMOND, W. G. and COWLEY, R. A. **Hyperbaric Oxygenation in Vascular Collapse.** *J Thorac Cardiovasc Surg* 44: 759–770, 1962.
17. TAKASU, A.; PRUECKNER, S.; TISHERMAN, S. A.; STEZOSKI, S. W.; STEZOSKI, J. and SAFAR, P. **Effects of Increased Oxygen Breathing in a Volume Controlled Hemorrhagic Shock Outcome Model in Rats.** *Resuscitation* 45: 209–220, 2000.
18. PERRY, C. G. R.; REID, J.; PERRY, W. and WILSON, B. A. **Effects of Hyperoxic Training on Performance and Cardiorespiratory Response to Exercise.** *Med Sci Sports Exercise* 37 no7 JI 2005.