



UNIVERSIDADE PRESIDENTE ANTÔNIO CARLOS – UNIPAC
FASAB
EDUCAÇÃO FÍSICA

EDSON FERREIRA

**EFEITOS DO TREINAMENTO EM AMBIENTES NORMOBÁRICO
NORMÓXICO E NORMOBÁRICO HIPÓXICO INTERMITENTE.**

EDSON FERREIRA

**EFEITOS DO TREINAMENTO EM AMBIENTES NORMOBÁRICO
NORMÓXICO E NORMOBÁRICO HIPÓXICO INTERMITENTE.**

Monografia apresentada ao curso de Educação Física da Universidade Presidente Antônio Carlos – UNIPAC, como requisito parcial para obtenção do título de Bacharel em Educação Física.

Orientador: Pedro Augusto de Carvalho Mira

BARBACENA

2014

Sumário

Resumo	4
Abstrat.....	5
1. Introdução.....	6
2. Objetivo	7
3. Método.....	7
4. Resultados	8
41. Quadro 1 - Dados referentes aos estudos analisados.....	9
42. Quadro 2 - Dados referentes aos estudos analisados.....	10
5. Discussão	11
51. Melhora do desempenho.....	11
6. Conclusão	11
7. Referências Bibliográficas	12

Resumo

Objetivo: Revisar os efeitos do treinamento físico em ambiente normobárico normóxico e normobárico hipóxico intermitente. **Método:** Foi realizada pesquisa na base de dados *PubMed*. Utilizando as palavras-chave: Athletic Performance, training intermittent hypoxia, physiological adaptations, normobaric training. Foram incluídos estudos, que avaliavam pelo menos uma das três variáveis de referência para o presente estudo, VO_{2max} , hemoglobina e eritropoetina, conduzidos em humanos e publicados até setembro de 2014. **Resultados:** A busca resultou em 20 artigos dos quais 11 atendiam aos critérios de inclusão. Desses, 10 foram encontrados na íntegra. Os estudos apontaram que ambos os métodos geraram aumento de VO_{2max} . Quanto aos estímulos de hemoglobina e da concentração plasmática de eritropoetina, os estudos cuja intervenção foi o treinamento normobárico hipóxico intermitente apresentaram aumento comparado à metodologia de treinamento normobárico normóxico. **Conclusão:** Conclui-se que tanto o treinamento em ambiente normobárico hipóxico intermitente quanto em ambiente normobárico normóxico elevam os níveis de VO_{2max} . No entanto, se mantêm estáveis os valores da massa de hemoglobina e concentração plasmática de eritropoetina em indivíduos moderadamente treinados ou atletas de rendimento.

Palavras Chaves: *Performance atlética, treinamento em hipóxia intermitente adaptações fisiológicas, treino normobárico*

Abstract

Objective: To review the effects of exercise training in normobaric normoxic environment and intermittent normobaric hypoxic. **Method:** A survey was conducted in the PubMed database. Using the keywords: Athletic Performance, training intermittent hypoxia, physiological adaptations, normobaric training. Were included studies that evaluated at least one of the three reference variables for this study, VO₂max., hemoglobin and erythropoietin, conducted in humans and published by September 2014. **Results:** The search resulted in 20 articles of: 11 met the criteria, 10 were founded in its entirety. The studies showed that both methods generate increased VO₂max. As for the stimulus hemoglobin and plasma erythropoietin, studies whose intervention was intermittent normobaric hypoxic training showed an increase compared to normobaric normoxic training methodology. **Conclusion:** We conclude that both the intermittent hypoxic training in normobaric environment as in normobaric normoxic environment elevate levels of VO₂max. However, if the dough remains stable hemoglobin concentration and plasma erythropoietin in moderately trained individuals and athletes performance.

Key Words: Athletic Performance, training intermittent hypoxia, physiological adaptations, normobaric training.

Introdução

O metabolismo humano é predominantemente oxidativo, fato que fundamenta a importância do oxigênio na geração de energia. A atmosfera terrestre é composta por 20,93% de Oxigênio, 0,039% gás carbônico, 78,1% de nitrogênio e menos de 1% de outros gases(1). Estes gases estão contidos graças a pressões parciais atmosféricas que, somadas equivalem, ao nível do mar, 760 mmHg. Essas pressões parciais não são homogêneas em toda superfície terrestre sendo diretamente influenciadas pela temperatura, latitude e altitude.

Apesar da manutenção relativa, quanto maior a altitude menor a disponibilidade absoluta de oxigênio, ou seja, menor é a quantidade de moléculas disponíveis. Além disso, é imposto ao organismo humano maior dificuldade na captação de oxigênio da atmosfera em função da menor pressão parcial do oxigênio, dificultando a hematose. De fato, limitações no desempenho de atletas em atividades predominantemente aeróbicas quando realizadas em médias e altas elevações – 1.000 a acima de 3.000 metros acima do nível do mar(2), foram observadas durante os Jogos Olímpicos de 1968 e na Copa do Mundo de 1970, ambos os eventos realizados na Cidade do México, acerca de 2.300 metros de altitude(3).

Acompanhando a queda da pressão parcial do oxigênio, à uma altitude de 3.048 metros, por exemplo, há uma redução de aproximadamente 43 mmHg na pressão parcial do oxigênio. Com isso ocorrem adaptações dos sistemas musculoesquelético, nervoso central, endócrino, respiratório e cardiovascular(4). Dentre os ajustes agudos e crônicos que ocorrem nos sistemas cardiovascular e pulmonar desencadeados pela hipóxia arterial estão a hiperventilação, aumento da frequência cardíaca e débito cardíaco submáximos, possível manutenção ou ligeira diminuição do volume sistólico, possível diminuição do débito cardíaco.(5). Todas as supracitadas adaptações fisiológicas à hipóxia hipobárica podem ser reproduzidas em ambiente normobárico desde que se mantenha a hipóxia(6). Nesse sentido, treinadores de diversas modalidades desportivas têm utilizado desse recurso com o objetivo de tentar reproduzir as condições de um ambiente hipóxico(5), a fim de evitar o dispêndio temporal com traslado até locais com elevada altitude(7). Atendendo a esse propósito e auxiliando as condutas práticas desses profissionais, pesquisas científicas foram conduzidas com o objetivo de investigar os efeitos do treinamento físico em ambiente normobárico hipóxico intermitente.(8, 9).

2 Objetivo

Revisar os efeitos do treinamento físico em ambiente normobárico normóxico e normobárico hipóxico intermitente.

3 Método

A busca de artigos foi realizada na base de dados PubMed com as seguintes palavras-chave: *athletic performance*, *intermittent hypoxic training*, *physiological adaptations* e *normobaric training*. Além disso, também foram consultadas as referências citadas nos artigos. Foram incluídos estudos que avaliavam pelo menos uma das três variáveis de referência para o presente estudo, VO_{2max} , hemoglobina e eritropoetina, conduzidos em humanos e publicados até setembro de 2014.

4 Resultados

Foram encontrados 20 artigos, sendo que 11 atenderam aos critérios de inclusão adotados. Dentre esses, 10 foram conseguidos na íntegra. O número total das amostras foi de 213 indivíduos dentre os quais 207 eram homens e apenas 6 mulheres. A menor amostra entre os estudos contou com 13 indivíduos e a maior com 36 pessoas. A média de idade dos voluntários foi de $24,75 \pm 5,6$.

A frequência de realização do treinamento variou de 12 a 30 dias, com duração média de 20 a 35 minutos. Foram realizados estudos de caráter aeróbio utilizando esteira ergométrica, tanto para a realização dos treinamentos (10, 11) quanto para testes (10-12) bem como cicloergômetro para aplicação dos protocolos de treinamento (13) e realização de testes (13). As intervenções intermitentes de hipóxia variaram de 4 séries de 6 minutos com intervalos de 4 minutos (14) até intervenções com duração de 12 horas/dia realizados em dois dias consecutivos. (15).

Dentre as variáveis de desfecho a serem abordadas do presente estudo, o VO_{2max} , quando realizado em ambiente normobárico hipóxico intermitente, aumentou em média 23,82 ml/kg/min em comparação ao valor pré-treinamento. Já quando realizado em ambiente normobárico normóxico o aumento foi de 12,34 ml/kg/min. A massa de hemoglobina, quando realizado em ambiente normobárico hipóxico intermitente, aumentou em média 2,87 g/L em comparação ao valor pré-treinamento. Já quando realizado em ambiente normobárico normóxico o aumento foi de 2,34 g/L. A concentração plasmática de eritropoetina, quando realizado em ambiente normobárico hipóxico intermitente, aumentou em média $1,47 \cdot 10^{12}$ /L em comparação ao valor pré-treinamento. Já quando realizado em ambiente normobárico normóxico o aumento foi de $1,05 \cdot 10^{12}$ /L.

Quadro 1- Dados referentes aos estudos analisados.

Autor / Ano	Amostra	N	Idade	Intervenções			Freq.	Ambiente	Desfechos comparando TNHI com TNN
				Tipos Exerc.	Intens.	Vol.			
Richard W.A. Mackenzie et al. 2008	Indivíduos treinados	Homens (n=17)	Cg = 23,3 (2,9) Hg = 24,0 (3,4)	Corrida	50% VO _{2max}	40 min.	NR	Agudo - T.N.H.I. (3.100m)	↑Eritropoetina* Hg
M Buchheit et al. 2013	Jogadores de Futebol Australianos	Homens (n=19) CG: n=8 HG: n=9	Cg = 21,5 (1,7) HG = 22,0 (2,2)	Treinos de força, Ciclo ergômetro, Corridas curtas Alta Intensidade	70% - 80%	60 min.	4 sem	T.N.H.I. (2500 – 3000m) 170h 12d-14n	↑Hbmass
Eileen Y. Robertson et al. 2010	Indivíduos bem treinados em medias e longas distâncias	(n= 17) TH (H:7 – M:2) LH / TL ? TH (H:6 - M:2)	TH = 23,3 (2,9) LH/TL = 24,0 (3,4)	Esteira ergométrica Longa duração; moderada duração; intervalado ou alta intensidade.	NR	NR	4 sessões por semana por 3 semanas	LH/TH?TH exposição de 14 hs dia. Sessoes treinamento esteira (2200m)	↑VO _{2max} LH/TL?TH* = Δ 4,8±2,8% // TH = 2,2±1,8% ↑Hbmass LH/TL?TH* = Δ 3,6±3,3% // TH = - 07±3,9%
Sebastien Racinais et al. 2010	Atletas recreacionais	Homens (11) Mulheres (2)	29 ± 4	Corrida	NR	NR	NR	T.N.H.I. G1: 1800m 48hrs; G2: 1800m – 12 hrs (noite)	↑VO _{2max} ↑Hbmass
Birgit Friedmann et al. 2007	Triatletas e corredores de media e longa distância.	Homens (n=18) CG: n=8 HG: n=9	23,9 ± 3,9	NR	110% a 120% VO _{2max} ¹ 8,2±1,3		NR	Agudo - T.N.H.I. 4 hrs de exposição, altitude simulada 2500m	↑VO _{2max} † Hip. = 3.81±0.21 Norm. 4.85±0.34 ↔MAOD ↓SupraVO _{2max} † Hip.28,3±7.4 // 45.0±9.4% ↓Lactato [□]

TNHI Treinamento Normobárico Hipóxico Intermitente // TNN: Treinamento Normobárico Normóxico // NR: Não Referenciado

MAOD: Maximal accumulated O₂ deficit (Deficit máximo de O₂ acumulado) // ¹ p<0.082// † p <0.001 (redução em hipóxia quando comparado à normóxia)

Autor / Ano	Amostra	N	Idade	Intervenções			Frequência	Ambiente	Desfechos comparando TNHI com TNN
				Tipos Exerc.	Intens.	Vol.			
Joffrey Zoll et al. 2014	Atletas Corredores	Homens (N=15) Cg: N=8 Hg: N=9	Cg = 23,3 (2,9) Hg = 24,0 (3,4)	Corrida esteira.	60% VO _{2max}	10.000 metros ou 35 min.	5 Dias Por Semana Durante 6 Semanas	T.N.H.I. (3.000m)	↑VO _{2max} ‡ Hip. Pré = 64,3±1,2 // Pos 67,3±1,3 Norm. Pré = 59,4±1.0 // Pos = 60.9±1.4
Valeriy B. Shatilo et al. 2008	Individuos Treinados	Homens (N=35)	Hg = 94 (3,7) Cg = 66 (3,1)	Corrida	Hg = PVO _{2submax} : 23,7±1,0 (n=14)	NR	10 Dias	T.N.H.I. (3.100m)	↔Vo ² Max ↑Freq.Card. ↓SaO ₂ ↑Hemoglobia ↑Limiar Anaer. W ⁻
E. A. Hinckson et al. 2007	Jogadores De Futebol Australianos	Homens (N=15) Cg: N=8 Hg: N=9	Cg = 23,3 (2,9) Hg = 24,0 (3,4)	Treinos De Força, Cicloergômetro, Corridas Curtas Alta Intensidade	70% - 80%	NR	4 Semanas	T.N.H.I. (2500 – 3000m)	,↑Hemoglobia Avaliadas ações de jogo: tempo de corrida em 20m; Tempo de corrida ofensiva; Tempo de corrida em 30m, sem claras evidencias de melhora.
M. Vogt et al 2001	Individuos Destreinados	Norm.H=8 / Norm.L=8 Hip.H=7 / Hip.L=7	Norm.H=25 ± 3 / Norm.L=29 ± 13 Hip.H=23 ± 2 / Hip.L= 23 ± 2	cicloergômetro	moderada	30 Minutos	5 Dias por Semana Durante 6 Semanas	T.N.H.I. (3850)	↑VO ² Pós em hipóxia e normoxia todos os grupos; ↑W [§] Pós em hipóxia e normoxia todos os grupos, exceto Norm.L
Nathan E. Townsend et al. 2002	Tri-Atletas n=9 Cliclistas n=24	LHTLc n=12 LHTLi n=10 Controle N=11 (2650)	29 ± 4	Ciclismo	moderada	30 minutos altutide simulada de 4,500m	5 dias	LHTLc 20 Noites Consecutivo LHTLi 2 Noites, Seg. Controle (600m).	*LHTLc **LHTLc †LHTLi ‡LHTLi LHTLc

*=Valores significativos LHTLc: Living high, train low continuous; LHTLi: Living high, train low intermittent. // T.N.H.I.: Treinamento normobárico hipóxico intermitente. // HVR (Hypoxic Ventilatory Response) Resposta Ventilatória de Hipóxia. *LHTLc significantly different from Con. **LHTLc significantly different from Con and Pre. †LHTLi significantly different from Con. ‡LHTLi significantly different from Con and Pre. §LHTLc significantly different from LHTLi. P 0.05 // ‡ p<0.001 // † p <0,01 // * p<0,05
‡ p < 0.05 (comparado normobárico) NR: Não Referenciado

5 Discussão

O principal achado da presente revisão é que o treinamento realizado em ambiente hipóxico hipobárico aumentou o VO_2 e não teve efeito significativo na massa de hemoglobina e na concentração plasmática de eritropoetina assim como o treinamento realizado em ambiente normobárico normóxico.

5.1 Melhora de desempenho.

O VO_{2max} proporciona uma medida altamente reprodutível da capacidade aeróbica.(6) Além disso, sabe-se que o VO_2 máximo está associado à melhor performance atlética(16). Os resultados dessa revisão mostraram que tanto o treinamento hipóxico intermitente quanto o normóxico foram eficazes em aumentar o VO_2 máximo. Portanto, é plausível pensar em diversificar as cargas de treinamento no âmbito desportivo, utilizando do recurso de redução das concentrações de oxigênio, a fim de otimizar os ganhos no VO_2 máximo.

Além disso, foi visto também que tanto as concentrações plasmáticas de hemoglobina quanto de eritropoetina não foram alteradas em nenhum dos ambientes de treinamento físico investigados. Portanto, o benefício encontrado no consumo máximo de oxigênio não se deve ao fato de aumentar a massa de células carreadoras de oxigênio. Outros fatores poderiam explicar esse fenômeno.

Apesar de estarem fora do escopo da presente revisão, é possível que o aumento da frequência cardíaca associada ao aumento da vascularização periférica possam explicar a elevação nos valores de VO_2 . A policitemia, ou seja, aumento do número de hemácias é estimulada pela redução da pressão do oxigênio arterial, este aumento de hemácias equivale diretamente ao aumento de oxigênio carreado pelo sangue(5)..

6 Conclusão

Conclui-se que tanto o treinamento em ambiente normobárico hipóxico intermitente quanto em ambiente normobárico normóxico elevam os níveis de VO_{2max} . No entanto, se mantém estáveis os valores da massa de hemoglobina e concentração plasmática de eritropoetina em indivíduos moderadamente treinados ou atletas de rendimento.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. dos Reis EE, de Menezes LD, Justo CCL. Microembolia gasosa em operação cardíaca com uso de circulação extracorpórea: emprego de shunt venoarterial como método preventivo. *Rev Bras Cir Cardiovasc.* 2012;27(3):436-45.
2. Faria AP. Classificação de Montanhas pela Altura. *Revista Brasileira de Geomorfologia.* 2010;6(2).
3. Stray-Gundersen J, Levine B. Live high, train low at natural altitude. *Scandinavian journal of medicine & science in sports.* 2008;18(s1):21-8.
4. Hurtado A. The influence of high altitude on physiology. *High Altitude Physiology: Cardiac and Respiratory Aspects.* 1971:3-14.
5. Pinilla OCV. Exercise and Training at Altitudes: Physiological Effects and Protocols. *Revista Ciencias de la Salud.* 2014;12(1):115-30.
6. Bonetti DL, Hopkins WG. Sea-level exercise performance following adaptation to hypoxia. *Sports Medicine.* 2009;39(2):107-27.
7. Levine B, Stray-Gundersen J. A practical approach to altitude training. *International journal of sports medicine.* 1992;13(S 1):S209-S12.
8. Vogt M, Hoppeler H. Is hypoxia training good for muscles and exercise performance? *Progress in cardiovascular diseases.* 2010;52(6):525-33.
9. Hamlin MJ, Hellemans J. Effect of intermittent normobaric hypoxic exposure at rest on haematological, physiological, and performance parameters in multi-sport athletes. *Journal of sports sciences.* 2007;25(4):431-41.
10. Robertson EY, Saunders PU, Pyne DB, Gore CJ, Anson JM. Effectiveness of intermittent training in hypoxia combined with live high/train low. *European journal of applied physiology.* 2010;110(2):379-87.
11. Joffrey Zoll; Elodie Ponsot SD, Stéphane Doutreleau, Renée Ventura-Clapier, Michael Vogt, Hans Hoppeler, Ruddy Richard and Martin Flück. Exercise training in normobaric hypoxia in endurance runners. III. Muscular adjustments of selected gene transcripts. *J Appl Physiol.* 2006.
12. Buchheit MR, S.; Bilsborough, J.; Hocking, J.; Mendez-Villanueva, A.; Bourdon, P. C.; Voss, S., Livingston SC, R.; Periard, J.; Cordy, J.; Coutts, A. J. Adding heat to the live-high train-low altitude model: a practical insight from professional football. *British journal of sports medicine.* 2013 Dec;47 Suppl 1:i59-69. PubMed PMID: 24282209. Pubmed Central PMCID: 3903152.
13. Shatilo VB, Korkushko OV, Ischuk VA, Downey HF, Serebrovskaya TV. Effects of intermittent hypoxia training on exercise performance, hemodynamics, and ventilation in healthy senior men. *High altitude medicine & biology.* 2008 Spring;9(1):43-52. PubMed PMID: 18331220.
14. Hinckson EA, Hamlin MJ, Wood MR, Hopkins WG. Game performance and intermittent hypoxic training. *British journal of sports medicine.* 2007 Aug;41(8):537-9. PubMed PMID: 17311807. Pubmed Central PMCID: 2465425.
15. SEBASTIEN RACINAIS GPM, AND JUSTIN GRANTHAM, CHIKEI LI, BRONWEN MASTERS. Two Days of Hypoxic Exposure Increased Ventilation. *Journal of Strength and Conditioning Research.* 2010.
16. Smith TP, McNaughton LR, Marshall KJ. Effects of 4-wk training using Vmax/Tmax on O2max and performance in athletes. *Medicine & Science in Sports & Exercise®(MSSE).* 1999;31(6):892-6.