

Artigo Original

EFICIÊNCIA CARDIORRESPIRATÓRIA EM ADULTOS ATIVOS NÃO FUMANTES DURANTE EXERCÍCIO PROGRESSIVO MÁXIMO

Elaine Dalman Milagre¹, Élio Waichert Junior¹, Nuno Manuel Frade de Sousa¹

RESUMO

Introdução: A função cardiorrespiratória depende da presença de um sistema respiratório e cardiovascular eficientes, de componentes sanguíneos adequados, além de componentes celulares específicos que auxiliem o corpo a utilizar oxigênio durante o exercício. Neste sentido, quando os componentes sanguíneos são inadequados pode haver alteração na função cardiorrespiratória, o que pode ocorrer na população fumante, pois o ato de fumar pode reduzir em até 12% menos da eficiência cardiorrespiratória do nível de normalidade, devido à maior concentração do monóxido de carbono no sangue.

Objetivo: Analisar os parâmetros ergoespirométricos relativos à eficiência respiratória em sujeitos ativos.

Métodos: Foram selecionados 13 indivíduos ativos não fumantes que passaram por uma avaliação antropométrica e pelo teste ergométrico progressivo máximo em esteira ergométrica, onde estes dados foram analisados e comparados, hipoteticamente, com a literatura que caracteriza a dinâmica da eficiência respiratória em fumante.

Resultados: Os dados obtidos nos indivíduos ativos não fumantes acompanharam o padrão de normalidade descrito na literatura, enquanto a comparação, foi feita a partir de dados da literatura, em relação à eficiência respiratória em fumantes concordam que estes possuem a função respiratória diminuída.

Conclusão: Os três pontos metabólicos (limiar ventilatório, limiar de compensação respiratória e velocidade máxima) elencados nesta pesquisa estão antecipados em fumantes.

Palavras chave: Eficiência respiratória, teste incremental máximo, limiar anaeróbio, limiar de compensação respiratória.

ABSTRACT

Introduction: The cardiopulmonary function depends on the presence of an effective respiratory and cardiovascular system, blood components suitable, as well as specific cellular components that help the body to utilize oxygen during exercise. Accordingly, when blood components are inadequate may be changes in cardiorespiratory function, which can occur in the population smoking, because smoking can reduce up to 12 % less cardiorespiratory efficiency level of normality due to the higher concentration of carbon monoxide carbon in the blood.

Objective: To analyze the relative efficiency ergoespirometric respiratory active nonsmokers subjects.

Methods: It was selected 13 individuals active who underwent an anthropometric evaluation and progressive maximal exercise test on a treadmill, where these data were analyzed and compared , hypothetically , with to the literature that characterizes the dynamics of respiratory efficiency in smokers.

Results: The data obtained in active nonsmokers individuals followed the normal pattern described in the literature, while the comparison, while the comparison was taken from the literature in relation to respiratory efficiency in smokers agree that these have decreased lung function.

Conclusion: The three metabolic points (ventilatory threshold and respiratory compensation threshold) listed in this research was anticipate in smokers.

Keywords: Respiratory efficiency, Maximal incremental test, Anaerobic threshold, Respiratory compensation threshold.

1. Laboratório de Fisiologia do Exercício e Medidas e Avaliação, Departamento de Educação Física, Faculdade Estácio de Sá de Vitória, ES, Brasil.

Endereço para correspondência

Avenida Campo Grande 54
Campo Grande, Cariacica, ES
CEP 29146-300

E-mail

elainedm7@hotmail.com

Submetido em 16/12/2013

Aceito em 01/03/2014

INTRODUÇÃO

A função cardiorrespiratória depende da presença de um aparelho respiratório e cardiovascular eficientes, de componentes sanguíneos adequados, além de componentes celulares específicos que auxiliem o corpo a utilizar oxigênio durante o exercício, denominado de consumo de oxigênio (VO_2), ou seja, oxigênio consumido para a produção de energia [1]. Durante o exercício, o requerimento de oxigênio nos músculos ativos pode aumentar cerca de 20 vezes em relação ao repouso. Contudo, é evidente que existem mecanismos que promovem o aumento do fluxo sanguíneo, especificamente para a musculatura em atividade. O aumento da atividade músculo esquelética aumenta a necessidade por adenosina trifosfato (ATP), como forma de combustível para a interação microscópica de actina e miosina. Com essas mudanças, a energia e a oferta de oxigênio para os músculos ativos aumenta. Com o aumento progressivo do exercício e, conseqüentemente, o aumento da demanda de oxigênio para os músculos ativos, o VO_2 aumenta linearmente com o aumento da intensidade do esforço.

Durante teste de exercício progressivo máximo, a produção de energia, em intensidades até aproximadamente 50 a 60% do VO_{2max} , provém predominantemente do metabolismo aeróbio. Com o aumento da demanda metabólica, mediante elevação da intensidade de esforço físico, o metabolismo anaeróbio passa a suplementar a produção aeróbia de energia [2]. A determinação da intensidade de esforço físico em que ocorre a transição aeróbio-anaeróbia no metabolismo muscular tem grande importância no campo da fisiologia do exercício, sendo amplamente utilizada para a avaliação da aptidão física direcionada aos trabalhos prolongados, a prescrição de intensidades dos exercícios aeróbios e a monitoração de modificações em indicadores aeróbios induzidos por programas de treinamento.

Dados têm demonstrado que as atividades físicas supervisionadas e com objetivos quanto à intensidade e tipo de exercício, de forma continuada e regular, consolidam uma melhoria na composição corporal e nos valores espirométricos, comparado com de sujeitos sedentários [3]. Sendo assim, o objetivo deste

estudo foi analisar os parâmetros ergoespirométricos relativos à eficiência respiratória em sujeitos ativos não fumantes.

MÉTODOS

Amostra

A amostra foi constituída por 13 adultos ativos não fumantes com média de idade de $31 \pm 2,3$ anos, massa corpórea de $73,7 \pm 11,1$ kg, altura $1,7 \pm 0,1$ m e índice de massa corporal de $24,1 \pm 2,9$ kg/m². Os participantes foram selecionados de acordo com os seguintes critérios: (i) ausência de sobrepeso e/ou obesidade; (ii) ativos; (iii) ausência de medicação; (iv) ausência de doença metabólica, hormonal, respiratória e/ou cardiovascular; (v) qualquer problema osteo-articular que limite a participação em teste de esforço máximo.

Todos os voluntários assinaram um termo de consentimento livre e esclarecido, no qual os objetivos do trabalho foram expostos para todos os participantes, o anonimato e a confidencialidade dos dados foram assegurados, de acordo com os aspectos éticos concebidos pela Resolução 196/96 do Conselho Nacional de Ética em Pesquisas envolvendo seres humanos.

Teste de esforço progressivo máximo

Após a avaliação antropométrica, os participantes realizaram um teste de esforço progressivo máximo até à exaustão em esteira ergométrica programável (Super ATL, Inbrasport, Porto Alegre, RS, Brasil). O teste teve início com velocidade de 7 km/h e incrementos de 1 km/h a cada minuto, até à exaustão. Os seguintes critérios foram adotados para interrupção do teste: (i) fadiga voluntária do participante; (ii) realização de platô no consumo de oxigênio; (iii) atingir frequência cardíaca máxima, calculada pelo fórmula $220 - \text{idade}$; (iv) atingir valor maior que 1,1 do quociente respiratório. O teste foi elaborado de acordo com Bentley et al. [4].

As variáveis ventilatórias e de trocas gasosas foram continuamente mensuradas durante o teste progressivo máximo com o uso do analisador de gases Metalyzer II (Cortex, Leipzig, Germany). Antes de cada teste, o analisador de gases foi calibrado de acordo com as instruções contidas no manual do fabricante. As seguintes variáveis foram obtidas e expressas

como médias de 10 segundos: VO_2 ; produção de dióxido de carbono (VCO_2), quociente respiratório (QR), ventilação pulmonar (V_E) e equivalentes ventilatórios de oxigênio (V_E/VO_2) e de dióxido de carbono (V_E/VCO_2). Todas as variáveis ergoespirométricas foram analisadas nos três pontos metabólicos, a saber, limiar ventilatório (LV), limiar de compensação respiratória (RCT) e intensidade máxima. A frequência cardíaca foi registrada continuamente em repouso e durante o teste de esforço progressivo utilizando um frequencímetro da marca Polar (FT1, Polar, Finlândia). Todos os testes foram realizados em laboratório com ambiente controlado.

Análise de dados

Os resultados foram apresentados em média \pm desvio padrão (DP). A análise dos dados foi realizada por meio de estatística descritiva com o uso do software Microsoft Excel 2010 para Windows.

RESULTADOS

A tabela 1 apresenta os dados referentes à velocidade, VO_2 , VCO_2 , QR, V_E e equivalentes ventilatórios nos momentos de repouso e LV, RCT e velocidade máxima durante exercício progressivo até à exaustão.

O teste ergoespirométrico foi dividido em quatro momentos (repouso, LV, RCT e velocidade máxima), onde as variáveis possuem comportamentos característicos a esses momentos, assim como sua progressão durante o teste incremental. A velocidade e os parâmetros ergoespirométricos de todos os avaliados acompanhou o nível de normalidade referente a cada período do teste incremental máximo.

Tabela 1. Variáveis ergoespirométricas nos momentos de repouso, limiar ventilatório (LV), limiar de compensação respiratória (RCT) e velocidade máxima de exercício.

	Vel (km/h)	VO_2 (ml/kg/min)	VCO_2 (ml/kg/min)	QR	VE/VO_2	VE/VCO_2	VE (l/min)
Repouso	-	$6,4 \pm 1,4$	$5,6 \pm 1,5$	$0,87 \pm 0,1$	$26,0 \pm 3,0$	$29,7 \pm 2,4$	$11,1 \pm 2,8$
LV	$11,5 \pm 1,4$	$40,8 \pm 7,5$	$37,8 \pm 8,0$	$0,9 \pm 0,1$	$23,8 \pm 3,3$	$25,5 \pm 3,0$	$60,5 \pm 14,4$
RCT	$14,7 \pm 1,5$	$49,8 \pm 7,7$	$52,7 \pm 9,2$	$1,1 \pm 0,1$	$28,7 \pm 3,5$	$27,1 \pm 2,8$	$88,7 \pm 19,9$
Máximo	$15,8 \pm 1,4$	$52,5 \pm 7,3$	$58,2 \pm 8,1$	$1,1 \pm 0,1$	$31,3 \pm 3,4$	$28,2 \pm 3,0$	$101,6 \pm 18,6$

Vel, velocidade; VO_2 , consumo de oxigênio; VCO_2 , produção de dióxido de carbono; QR, quociente respiratório; VE/VO_2 , equivalente respiratório de oxigênio; VE/VCO_2 , equivalente respiratório de dióxido de carbono; VE , ventilação.

DISCUSSÃO

Os valores de VO_2 obedecem aos níveis de normalidade, possuindo uma crescente linearidade do repouso até o estágio máximo do exercício, concordando com os valores encontrados por Heardy e Uhlendorf [5]. Os valores de VO_{2max} para os homens adultos ativos

foi $53,5 \pm 7,3$ ml/kg/min, valor este que segundo o *American Heart Association* é classificado como excelente. Possivelmente, em fumantes os valores de VO_2 podem ser menores em cada estágio do teste, pois os mesmos possuem deficiências relacionadas com o sistema respiratório impedindo um melhor transporte das moléculas de oxigênio. Uma das causas será a

alta concentração de monóxido de carbono no sangue, alterado de forma clara o padrão respiratório [2].

O comportamento do VCO_2 obedece a uma crescente linear até se alcançar o LV, onde há a transição do metabolismo predominantemente aeróbio para o metabolismo anaeróbio. Nesse ponto, a crescente torna-se mais abrupta com o incremento da intensidade do exercício até o máximo. Esse comportamento se deve à maior produção de dióxido de carbono advinda do metabolismo predominante dos carboidratos, acarretado pelo aumento da demanda energética. O comportamento dos dados concorda com a dinâmica fisiológica normal, em que a produção de dióxido de carbono aumenta linearmente até o LV, onde também existe a transição do metabolismo lipídico para o de carboidratos, demonstrado pelo aumento nos valores de QR [6]. Em fumantes, a transição do metabolismo aeróbio para o anaeróbio poderia ocorrer com intensidades mais baixas que os padrões de normalidade, isso ocorre devido a um custo energético adicional ocasionado pela maior concentração de monóxido de carbono no sangue ao chegar a musculatura, obrigando assim o coração ejetar mais sangue para suprir a demanda necessária para a musculatura em exercício [7].

Os equivalentes respiratórios, tanto de oxigênio quanto de dióxido de carbono, apresentam um padrão de resposta normal, desde o repouso até à velocidade máxima de exercício. Como se pode observar, o custo respiratório em repouso é aproximadamente 25 L de ar para a captação de 1 L de oxigênio e 30 L de ar para a eliminação de 1 L de dióxido de carbono. Esses valores apresentam diminuição durante o exercício e só apresentam valores superiores na velocidade máxima. Esse padrão de resposta é considerado normal para o grupo de pessoas normais, demonstrando uma eficiência respiratória durante exercício físico [6].

Em relação ao V_E/VO_2 durante o teste, em condições totalmente aeróbias, mas com aumento sucessivo de intensidade, ocorre um aumento do hidrogênio no tecido muscular, devido ao aumento da quebra de ATP e da insuficiência do tamponamento do hidrogênio pela mitocôndria. Assim, há uma maior ação da enzima lactato desidrogenase que, ao tamponar

o hidrogênio forma o lactato a partir do piruvato. Entretanto, até à intensidade do LV, a eficiência respiratória observada pelo V_E/VO_2 aumenta devido à ação dos músculos respiratórios acessórios, que facilitam a captação de oxigênio e eliminação de dióxido de carbono. Se a intensidade for aumentada, acima do LV, o íon hidrogênio vai ser tamponado no sangue, através do bicarbonato, essa ação do bicarbonato leva a uma produção de água e dióxido de carbono, tanto intramuscular, quanto sanguíneo. Esse dióxido de carbono produzido pelo tamponamento do bicarbonato aumenta o volume total de dióxido de carbono produzido, fazendo com que a ventilação apresente um aumento abrupto para eliminar o gás carbônico excedente. Esse aumento abrupto da concentração de dióxido de carbono em relação ao consumo de oxigênio ocorre no LV e é caracterizado por aumento concomitante do V_E/VO_2 , o que foi observado na presente pesquisa [6].

O V_E/VCO_2 se eleva quando há a incapacidade do sistema respiratório tamponar o hidrogênio, como consequência a V_E aumenta desproporcionalmente em uma tentativa de eliminar maior quantidade de gás carbônico. Esse momento é denominado com RCT. É a partir desse ponto que a eficiência respiratória fica prejudicada e rapidamente um indivíduo irá interromper o exercício físico por fadiga. Em fumantes, tanto o LV quanto o RCT ocorrem antecipadamente, ambos acontecem devido a uma série de fatores, dentre eles: a maior resistência à captação de oxigênio e eliminação de dióxido de carbono, o custo energético adicional provocado pelo maior trabalho dos músculos respiratórios e aumento da concentração do monóxido de carbono circundante. Com isso, a dificuldade na captação de oxigênio e eliminação de gás carbônico e o aumento do mesmo na corrente sanguínea restringe a oferta e absorção de oxigênio musculatura em atividade, além do aumento da intensidade do exercício provocado também pelo custo energético adicional dos músculos respiratórios, obrigando o organismo em optar pela ressíntese de ATP por via metabólica anaeróbia mais precocemente.

Existem algumas limitações do estudo que devem ser consideradas. Considerando que existem inúmeros parâmetros para se determinar

eficiência respiratória, seria benéfico a mensuração de parâmetros espirométricos e, principalmente, espaço morto fisiológico do pulmão, medida esta altamente relacionada com problemas pulmonares advindas da utilização de agentes nocivos para a saúde do pulmão. Sugerem-se também estudos futuros que comparem fumantes com não fumantes, além de uma comparação com outro tipo de medidas de eficiência respiratória.

Os parâmetros ergoespirométricos relativos à eficiência respiratória em sujeitos ativos não fumantes, o comportamento dos dados referente a cada período destacado no

teste segue o padrão de normalidade, respeitando o nível de atividade física dos quais os sujeitos da pesquisa estão inseridos.

REFERÊNCIAS

- [1] Pollock ML. Exercícios na saúde e na doença: avaliação e prescrição para prevenção e reabilitação: Medsi; 1993.
- [2] McArdle WD, Katch FI, Katch VL. Fisiologia do exercício: energia, nutrição e desempenho humano: Guanabara-Koogan; 2008.
- [3] Paulo R, Petrica J, Martins J. Atividade Física e Função Respiratória: Análise da Composição Corporal e dos Valores Espirométricos 2013.
- [4] Bentley DJ, Newell J, Bishop D. Incremental exercise test design and analysis: implications for performance diagnostics in endurance athletes. *Sports Med.* 2007;37(7):575-86. Epub 2007/06/28.
- [5] Herdy AH, Uhlendorf D. Valores de referência para o teste cardiopulmonar para homens e mulheres sedentários e ativos. *Arquivos Brasileiros de Cardiologia.* 2011;96:54-9.
- [6] Yazbek Jr P, Carvalho RTd, Sabbag LMdS, Battistella LR. Ergoespirometria. Teste de esforço cardiopulmonar, metodologia e interpretação. *Arquivos Brasileiros de Cardiologia.* 1998;71:719-24.
- [7] Estima PCP. Manual do ACSM para teste de esforço e prescrição de exercício: Revinter; 2000.