

Respostas Ventilatórias e do Pulso de Oxigênio ao Exercício Dinâmico: Correlação com a massa muscular esquelética em portadores de insuficiência cardíaca crônica avaliados pela ergoespirometria

Artigo Original

1

Oxygen Pulse and Respiratory Responses to Dynamic Exercise: Correlation with skeletal muscle mass in patients with chronic heart failure evaluated by cardiopulmonary exercise test

Ricardo Vivacqua Costa, Amarino Oliveira Jr, Salvador Manoel Serra, Antonio Claudio Lucas da Nóbrega

Universidade Federal Fluminense, Hospital Pró-Cardíaco (RJ)

Palavras-chave: Pulso de oxigênio, Insuficiência cardíaca, Ergoespirometria

Key words: Oxygen pulse, Chronic heart failure, Cardiopulmonary exercise test

Resumo

Objetivo: Determinar a correlação dos valores do pulso de oxigênio com as variáveis ventilatórias ao exercício e com a massa muscular esquelética em portadores de insuficiência cardíaca crônica.

Métodos: Em um grupo de 64 pacientes, foram selecionados 25 homens portadores de insuficiência cardíaca de etiologia não-isquêmica, classe funcional III (NYHA), idade: 48 ± 12 anos, índice de massa corporal: $25 \pm 2,7 \text{ kg/m}^2$, fração de ejeção (ecocardiograma): $26 \pm 8\%$, massa muscular esquelética de coxas (ressonância magnética): $4633 \pm 1104 \text{ g}$. Esses indivíduos foram submetidos a dois testes ergoespirométricos em esteira rolante, com protocolo de rampa, individualizado, adaptado às condições biomecânicas do paciente, limitados por fadiga ou dispnéia, sendo que o primeiro era destinado à adaptação ao método e determinação da capacidade funcional. Utilizou-se o coeficiente de correlação de Pearson e a análise de regressão linear múltipla para investigar a massa muscular (MM), considerando-se as seguintes variáveis independentes: consumo de oxigênio no pico do esforço (VO_2 pico), equivalente ventilatório de gás carbônico no pico do esforço (VE/VCO_2 pico), consumo de oxigênio no limiar ventilatório (VO_2 lim vent), pulso de oxigênio no pico do esforço (pulso O_2 pico). O coeficiente de correlação foi considerado estatisticamente significativo quando $p < 0,05$.

Resultados: VO_2 pico: $1,3 \pm 0,5 \text{ l/min}$; VE/VCO_2 pico: 32 ± 10 ; VO_2 lim vent: $0,8 \pm 0,3 \text{ l/min}$; pulso O_2 pico: $8,6 \pm 2,7 \text{ ml/bat}$. Apenas a variável pulso O_2 pico foi significativa para explicar a influência da massa

Abstract

Objective: To establish the correlation between oxygen pulse and the ventilatory variables in response to dynamic exercise and skeletal muscle mass in patients with chronic heart failure.

Methods: We selected twenty five out of sixty-four patients with heart failure, functional class III NYHA (age 48 ± 12 years, body mass index $25 \pm 2,7 \text{ kg/m}^2$, left ventricular ejection fraction (echocardiogram) $26 \pm 8\%$, skeletal muscle mass of both thighs measured by magnetic resonance imaging ($4633 \pm 1104 \text{ g}$). These individuals underwent two maximal cardiopulmonary exercise tests following an individualized ramp protocol on a treadmill, being the first test for adaptation to the method and for determination of functional capacity. Pearson's linear correlation coefficient and multiple regression analysis were used for measuring muscular mass (MM). The association between the skeletal muscle mass and VO_2 max, VE/VCO_2 max, VO_2 ventilatory threshold and maximal oxygen pulse was considered. The correlation coefficient was considered statistically significant when $p < 0.05$.

Results: VO_2 max $1,3 \pm 0,5 \text{ l/min}$; VE/VCO_2 max: 32 ± 10 ; VO_2 ventilatory threshold: $0,8 \pm 0,3 \text{ l/min}$; maximal oxygen pulse: $8,6 \pm 2,7 \text{ ml/beat}$. Significant correlation coefficient was found only between oxygen pulse and skeletal muscle mass ($r = 0.47$ $p = 0.01$). Since data were not homogeneously distributed, analysis was repeated after logarithmic transformation yielding the same results.

muscular ($r=0,47$ $p=0,01$). Considerando-se que a distribuição não era homogênea, realizou-se transformação logarítmica que demonstrou a mesma relação direta e significativa.

Conclusão: Os resultados demonstram que o pulso de oxigênio constitui a única variável que exerce correlação independente com a massa muscular esquelética nos portadores de insuficiência cardíaca crônica, enfatizando a importância dessa variável na integridade funcional desses pacientes.

Conclusion: The results indicate that peak oxygen pulse is the only variable independently correlated with skeletal muscle mass in chronic heart failure patients, thus highlighting the importance of this variable for the functional capacity of these patients.

Introdução

O pulso de oxigênio consiste em uma variável relacionada com o volume sistólico e a diferença arteriovenosa de oxigênio¹, sendo determinado através da relação consumo de oxigênio / frequência cardíaca, representando um índice indireto do transporte de oxigênio pelo sistema cardiopulmonar, levando-se em consideração a pouca variabilidade da diferença arteriovenosa, principalmente quando não se observa alteração na curva da saturação periférica de oxigênio². Encontra-se reduzido em condições que levam a um comprometimento do débito cardíaco durante o exercício, como na insuficiência cardíaca crônica, tanto a nível do limiar anaeróbio como no pico do esforço³.

Um aspecto importante no estudo do pulso de oxigênio em portadores de insuficiência cardíaca consiste na avaliação prognóstica e até na indicação de transplante, principalmente porque se determina a partir do consumo de oxigênio corrigido pelo peso magro e não pelo peso corporal, frente à interferência da gordura corporal, considerada metabolicamente inerte. O ponto de corte é de 10ml por batimento, corrigido pelo peso corporal, e 14ml por batimento, quando corrigido pelo peso magro, inferindo-se gravidade e mau prognóstico da insuficiência cardíaca abaixo desses valores⁴.

A curva do pulso de oxigênio durante o exercício, quando reduzida ou em platô, precedendo alterações de ST no eletrocardiograma e/ou a opressão precordial, vem colaborando na melhor estratificação desses pacientes, permitindo uma conduta terapêutica mais acurada⁵.

Ainda não foram encontrados estudos prévios sobre a correlação da massa muscular esquelética com o pulso de oxigênio em portadores de insuficiência cardíaca, podendo ser considerada de importante relevância clínica pela possibilidade de se melhor estimar a limitação funcional desses pacientes.

Metodologia

Estudo prospectivo, realizado no período de janeiro de 1999 a junho de 2001 (Tabela 1). Os pacientes selecionados encontravam-se sob controle clínico e em tratamento ambulatorial há cerca de 18 meses, sem nenhuma reinternação neste período, portadores de cardiomiopatia não-isquêmica, diagnosticada por detalhada avaliação clínica, com as seguintes etiologias: idiopática (44%), hipertensão arterial (32%) e alcoolismo (24%). Todos os pacientes eram estáveis, incluídos em classe funcional III (NYHA), assintomáticos em repouso, não estando vinculados a qualquer programa formal de atividade física. Medicação em uso contínuo: inibidores da enzima conversora da angiotensina, digoxina e furosemida, acrescido de: carvedilol (24%), espironolactona (40%), amiodarona (20%), warfarina sódica (12%).

Tabela 1
Características (média ± DP) dos pacientes com ICC

	ICC n =25	p
Idade (anos)	48 ±12	0,41
Peso (kg)	73,0 ±12,0	0,36
Altura (metros)	1,71 ± 0,1	0,29
IMC (kg/m ²)	25,0 ± 2,7	0,42
Questionário VSAQ (METs)	5,5 ± 2,0	<0,001
Fração de ejeção (%)	26,0 ± 8,0	<0,001

IMC=índice de massa corporal; VSAQ=Veterans Specific Activity Questionnaire; MET=equivalente metabólico: 3,5 ml O₂/kg/min

Para a determinação dos níveis de exercício a serem alcançados no protocolo de rampa, os pacientes eram orientados no preenchimento do questionário VSAQ⁶, destinado à avaliação da atividade física e estimativa da potência aeróbia máxima.

A fração de ejeção foi obtida através do ecocardiograma pelo método de Simpson⁷.

A massa muscular esquelética de coxas foi determinada por ressonância magnética, em cortes axiais, excluindo-se gordura e osso⁸.

Os testes ergoespirométricos foram realizados com monitorização eletrocardiográfica em treze derivações simultâneas⁹. Foram analisados os seguintes parâmetros obtidos por medida direta^{9,10}:

- **VO₂ pico** – consumo de oxigênio no máximo do esforço;
- **VE/VCO₂** – equivalente ventilatório de gás carbônico. Representa a demanda ventilatória para eliminar uma determinada quantidade de gás carbônico produzida. Está relacionado ao aumento do espaço morto e a disfunção ventricular esquerda. Considera-se que valores elevados, acima de 34, podem corresponder a prognóstico desfavorável a médio prazo, em portadores de insuficiência cardíaca;
- **VO₂ lim vent** – consumo de oxigênio no momento do limiar ventilatório ou anaeróbio. Determinado pela exponenciação consistente da curva do equivalente ventilatório de oxigênio (VE/ VO₂) ou da curva de ventilação (VE). Corresponde ao instante em que a elevação da lactoacidemia passa a exigir maior ventilação com acentuação da percepção de o exercício estar mais pesado;
- **Pulso O₂ pico** – é definido como o índice da quantidade de oxigênio que está sendo consumido pelo organismo em cada batimento cardíaco. Obtido pela relação VO₂ /FC, estando relacionado ao volume sistólico e à diferença arteriovenosa de oxigênio.

Análise estatística¹¹

Todas as variáveis apresentaram distribuição normal, determinada pelo teste de Kolmogorov-Smirnov. O coeficiente de correlação de Pearson (r) foi utilizado para medir o grau de associação entre cada par das variáveis em estudo e a regressão linear foi aplicada para determinar as variáveis independentemente relacionadas à massa muscular. O critério de determinação de significância foi o nível de 5%,.

Resultados

Todos os exames foram executados sem problemas técnicos e/ou intercorrências. Os resultados das variáveis (média ± DP) obtidos nos exames ergoespirométricos e na ressonância magnética (massa muscular esquelética) encontram-se na Tabela 2.

Os níveis reduzidos do consumo de oxigênio e do pulso de oxigênio no pico do esforço foram os esperados em pacientes portadores de insuficiência cardíaca nessa classificação funcional. Os valores

Tabela 2

Valores encontrados para as variáveis metabólicas e variáveis derivadas

	IC n =25
Variáveis Metabólicas	
VO ₂ pico (l/min)	1,3 ± 0,5
VO ₂ lim. (l/min)	0,8 ± 0,3
Variáveis Derivadas	
VE/ VCO ₂ pico	35,0 ± 8,0
Pulso O ₂ pico (ml/bat)	8,6 ± 2,7
Massa musc. coxas (g) (RM)	4633 ±1104

VO₂ pico=consumo de oxigênio no pico do esforço; VO₂ lim = consumo de oxigênio no limiar anaeróbio; VE/ VCO₂=equivalente ventilatório de gás carbônico; Pulso O₂= pulso de oxigênio

obtidos da massa muscular esquelética de coxas referem-se, como já citado, aos pacientes não submetidos a programas formais de condicionamento físico¹².

A associação da massa muscular com as variáveis ventilatórias e hemodinâmicas foi significativa apenas com o pulso de oxigênio seja na análise de correlação simples ou na regressão linear múltipla (Figura 1).

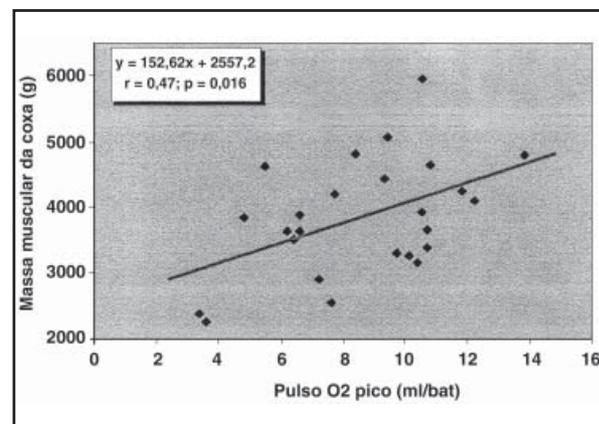


Figura 1

Correlação linear entre a MM e o pulso O2.
Reta ajustada pela correlação linear simples.

Discussão

Neste estudo foram excluídos os portadores de cardiomiopatia isquêmica frente à complexidade em se caracterizar pacientes submetidos a determinado tratamento clínico ou o tipo de terapêutica invasiva, assim como a quantificação das lesões características da doença arterial coronariana.

A utilização da ergoespirometria em portadores de insuficiência cardíaca crônica permite avaliar as modificações no âmbito das variáveis ventilatórias e hemodinâmicas relacionadas à análise de gases, durante o exercício.

Este estudo foi direcionado para a avaliação da influência da massa muscular sobre as seguintes variáveis: consumo de oxigênio no pico do esforço, no limiar ventilatório, equivalente ventilatório de gás carbônico e pulso de oxigênio.

A determinação da massa muscular esquelética de coxas através de imagens obtidas por ressonância magnética, em repouso, foi considerada a metodologia mais acurada pelo fato de estar relacionada com a cinética do movimento e, em consequência, à biomecânica dos pacientes^{13,14}.

O pulso de oxigênio está relacionado ao volume sistólico e à diferença arteriovenosa de oxigênio, a qual deve ser considerada apenas quando os pacientes apresentam a curva da saturação periférica de oxigênio reduzida, demonstrando dessaturação durante o exercício¹⁵. Neste estudo, os pacientes apresentaram curvas normais de saturação periférica de oxigênio, sem dessaturação com a atividade física, inferida pelos valores médios de $94 \pm 5,0\%$. Assim, a participação hemodinâmica nesta pesquisa foi avaliada pelo pulso de oxigênio¹⁶, que, como já citado, se relaciona ao volume sistólico¹⁷.

O mecanismo pelos quais os portadores de insuficiência cardíaca encontram-se limitados ao exercício tem sido objeto de intensos estudos^{18,19}. A impressão inicial era de que a capacidade física nesses pacientes estivesse exclusivamente relacionada a fatores hemodinâmicos centrais. Contudo, pesquisas demonstraram que esses fatores centrais não são os únicos a influenciar a capacidade funcional desses pacientes²⁰. Assim, passou-se a acatar a extensão das causas da intolerância ao exercício a anormalidades periféricas que acompanham a síndrome da insuficiência cardíaca²¹. Os parâmetros estudados retratam a interação do sistema de transporte e utilização de oxigênio, podendo-se inferir que a musculatura esquelética, como fator periférico, exerce influência no pulso de oxigênio, um fator central, os quais, reunidos, interferem na integridade funcional desses pacientes.

Referências bibliográficas

- Whipp BJ, Higgenbotham MB, Cobb FC. Estimating exercise stroke volume from asymptotic oxygen pulse. *J Appl Physiol*. 1996;81(6):2674-879.
- Agostini PG, Wasserman K, Peregó GB, et al. Non-invasive measurement of stroke volume during exercise in heart failure patients. *Clin Sci*. 2000;98:545-51.
- Cohen-Solal A. Cardiopulmonary exercise testing in chronic heart failure. In: Wasserman KA. *Exercise gas exchange in heart disease*. Armonk (NY): Futura;1996:17-38.
- Milani RV, Lavie CJ, Mehra MR. Cardiopulmonary exercise testing. How do we differentiate the cause of dyspnea? *Circulation*. 2004;110:E27-E31.
- Bellardinelli R, Lacalaprice F, Carle F, et al. Exercise-induced myocardial ischaemia detected by cardiopulmonary exercise-testing. *Eur Heart J*. 2003;24:1304-313.
- Myers J, Bader D, Mad Havan R, Froelicher V. Validation of a specific activity questionnaire to estimate exercise tolerance in patients referred for exercise testing. *Am Heart J*. 2001;142:1041-1046.
- Morcerf FAP. Avaliação do tamanho e função do ventrículo esquerdo. In: Morcerf FAP. *Ecocardiografia Uni-Bidimensional e Doppler*. Rio de Janeiro: Revinter; 1990:361.
- Anderson MW. Muscle in: Higgins CB, Hricak H, Helm CA. *Magnetic Resonance Imaging of the Body*. 3rd ed. Philadelphia: Lippincott-Raven; 1997:1321-341.
- Serra S. Considerações sobre ergoespirometria. *Arq Bras Cardiol*. 1997;64:301-304.
- Vivacqua Costa R. Ergoespirometria. In: Ghorayeb N, Barros T. *O Exercício: preparação fisiológica, avaliação médica, aspectos especiais e preventivos*. Rio de Janeiro: Atheneu; 1999.
- Snedecor GW, Cochran WG. *Statistical Methods*. 8th ed. Iowa: State University Press; 1994.
- Vivacqua Costa R, Nóbrega ACL, Serra SM, Rego S, Wajngarten M. Influência da massa muscular esquelética sobre as variáveis ventilatórias e hemodinâmicas ao exercício em pacientes com insuficiência cardíaca crônica. *Arq Bras Cardiol*. 2003;81(6):576-80.
- Farley CT, Ferris DP. Biomechanics of walking and running: center of mass movement muscle action. *Exerc Sci Rev*. 1998;26:253-85.
- Richardson RS, Saltin B. Human muscle blood flow and metabolism studied in isolated quadriceps muscles. *Med Sci Sports Exerc*. 1998;30:28-33.

15. Bhambhani Y, Norris S, Bell G. Prediction of stroke volume from oxygen pulse measurements in untrained and trained men. *Can J Appl Physiol.* 1994;19(1):49-59.
16. Metra M, Faggiano P, D'Aloia A, et al. Use of cardiopulmonary exercise testing with hemodynamic monitoring in the prognostic assesment of ambulatory patients with chronic heart failure. *J Am Coll Cardiol.* 1999;4:943-50.
17. Nóbrega ACL. Controle neural cardiovascular no exercício. In: Tibiriçá E. *Fisiopatologia em Medicina Cardiovascular.* Rio de Janeiro: Revinter; 2001:53.
18. Coats AJS. What causes the symptoms of heart failure? *Heart.* 2001;86:574-78.
19. Harington D, Anker SD, Coats AJS. Preservation of exercise capacity and lack of peripheral changes in asymptomatic patients with severely impaired left ventricular function. *Eur Heart J.* 2001;22:392-99.
20. Clark AL, Poole-Wilson PA, Coats AJS. Exercise limitation in chronic heart failure: central role of the periphery. *J Am Coll Cardiol.* 1996;28:1092-102.
21. Corrà U, Mezzani A, Borimini E, Gianuzzi P. Cardiopulmonary exercise testing and prognosis in chronic heart failure. *Chest.* 2004;126:942-50.