

## Correlação da Função Diastólica com a Capacidade Máxima de Exercício ao Teste Ergométrico

*Correlation between Diastolic Function and Maximal Exercise Capacity on Exercise Test*

Maria Estefânia Bosco Otto, Márcio Mendes Pereira, Adenvalva Lima de Souza Beck, Maurício Milani

Instituto de Cardiologia do Distrito Federal, Brasília, DF - Brasil

### Resumo

**Fundamento:** O aumento da pressão de capilar pulmonar (PCP) é um dos mecanismos de intolerância ao exercício. A avaliação da função diastólica pelo ecocardiograma (ECO) é capaz de estimar a PCP.

**Objetivo:** Identificar variáveis determinantes da capacidade de exercício em paciente submetidos a teste ergométrico (TE) de rotina, ECO convencional e Doppler tecidual (DT).

**Métodos:** Foram estudados, retrospectivamente, 640 pacientes submetidos a TE e ao ECO e DT. Pacientes com fração de ejeção < 55% foram excluídos. As velocidades de Doppler mitral convencional foram obtidas em diástole precoce (E) e diástole tardia (A), e o DT do anel mitral mediu as velocidades de diástole precoce (e') e diástole tardia (a').  $E/e' > 10$  foi considerada uma estimativa de aumento da PCP. A capacidade máxima de esforço foi avaliada pelo número de equivalentes metabólicos (MET). Para análise, os pacientes foram divididos em dois grupos: MET < 7 (n = 48) e MET > 7 (n = 572). O escore de Morise demonstrou uma população de baixo risco (60%) para doença coronariana (DAC).

**Resultados:** O número de pacientes com  $E/e' > 10$  foi significativamente maior no grupo MET < 7 em relação a MET > 7 (41,7% vs 9,4%,  $p = 0,001$ ), bem como a presença de algum grau de disfunção diastólica (76,6% vs 34,1%  $p = 0,001$ ). Pela análise de regressão logística, as variáveis independentes de baixa capacidade de exercício (MET < 7) foram a idade, o sexo feminino e a velocidade de A (diástole tardia).

**Conclusão:** A disfunção diastólica determinada pelo ECO, sexo feminino e idade estão associados com a menor capacidade de exercício em uma população de baixo risco de DAC. (Arq Bras Cardiol 2011; 96(2): 107-113)

**Palavras-chave:** Disfunção ventricular, teste de esforço, exercício, diástole; ecocardiograma, Doppler tecidual.

### Abstract

**Background:** Increased pulmonary capillary pressure (PCP) is one of the mechanisms of exercise intolerance. Assessment of the diastolic function by echocardiography (ECHO) enables estimation of PCP.

**Objective:** To identify variables that determine the exercise capacity in patients undergoing routine exercise test (ET), conventional ECHO, and tissue Doppler imaging (TD).

**Methods:** A total of 640 patients undergoing ET, ECHO, and TD were retrospectively studied. Patients with ejection fraction < 55% were excluded. Mitral annulus velocities by conventional Doppler imaging were obtained in early diastole (E) and late diastole (A), and TD of the mitral annulus measured early diastole (e') and late diastole (a') velocities.  $E/e' > 10$  was considered an estimate of increased PCP. Maximal exercise capacity was analyzed by the number of metabolic equivalents (MET). The patients were divided into two groups for analysis: MET < 7 (n=48) and MET > 7 (n=572). Morise score showed a population at low risk (60%) for coronary artery disease (CAD).

**Results:** The number of patients with  $E/e' > 10$  was significantly higher in the MET < 7 group in relation to the MET > 7 group (41.7% vs 9.4%,  $p=0.001$ ), and so was the presence of any degree of diastolic dysfunction (76.6% vs 34.1%  $p=0.001$ ). Using logistic regression analysis, age, female gender and A velocity (late diastole) were the independent variables related to a low exercise capacity (MET < 7).

**Conclusion:** Diastolic dysfunction as determined by ECHO, female gender, and age are associated with a lower exercise capacity in a population at low risk for CAD. (Arq Bras Cardiol 2011; 96(2): 107-113)

**Keywords:** Ventricular dysfunction; exercise test; exercise; diastole; echocardiography, tissue Doppler.

Full texts in English - <http://www.arquivosonline.com.br>

Correspondência: Maria Estefânia Otto •

AOS 02 Bloco B apto 604 - Octogonal - 70660-022 - Brasília, DF - Brasil

E-mail: mariaestefaniaotto@gmail.com, saraband@uol.com.br

Artigo recebido em 08/10/09; revisado recebido em 16/11/09; aceito em 11/03/10.

## Introdução

A capacidade de exercício é influenciada por inúmeros fatores, tais como idade avançada<sup>1</sup>, comorbidades (síndrome metabólica e hipertensão)<sup>2</sup>, obesidade<sup>3</sup> e condicionamento físico prévio<sup>1</sup>. A identificação de outros fatores que modificam a capacidade de exercício é de grande relevância, pois a reversão pode melhorar a qualidade de vida dos pacientes e ter efeitos na sobrevida, já que a capacidade física está associada a prognóstico tanto em indivíduos saudáveis<sup>4-6</sup> quanto em pacientes portadores de cardiopatias<sup>7</sup>.

Na tentativa de elucidar mecanismos cardíacos que diminuem a capacidade de exercício, a fração de ejeção não demonstrou correlação significativa, talvez por ser dependente da pré-carga<sup>8</sup>. Entretanto, a capacidade máxima de exercício, bem como os sintomas desenvolvidos com o esforço, encontram-se diretamente relacionados ao aumento da pressão capilar pulmonar e, portanto, com o aumento das pressões de enchimento do ventrículo esquerdo. As pressões de enchimento, por sua vez, estão diretamente relacionadas à função diastólica do ventrículo esquerdo<sup>9,10</sup>.

Estudos clínicos recentes observaram uma significativa correlação entre capacidade de exercício e parâmetros da função diastólica, principalmente em pacientes com doença cardiovascular<sup>11</sup>.

Avanços recentes na imagem de Doppler tecidual aumentaram a acurácia do ecocardiograma na identificação de anormalidades precoces da diástole<sup>12</sup> do ventrículo esquerdo, incluindo a estimativa das pressões de enchimento<sup>13</sup>. Consequentemente, a utilização do Doppler tecidual e da análise da função diastólica pode ser útil no esclarecimento da correlação entre presença de disfunção diastólica e capacidade máxima de exercício ao teste ergométrico.

O presente estudo tem como objetivo a análise da capacidade de exercício e a correlação com a função diastólica e os diversos parâmetros clínicos em uma população formada predominantemente por indivíduos de baixo risco para doença arterial coronariana.

## Métodos

Foi realizado um estudo transversal retrospectivo (de julho de 2007 a janeiro de 2008), no qual se avaliaram 640 indivíduos com idade média de  $49 \pm 13$  anos. O estudo foi aprovado pelo Comitê de Ética e Pesquisa do Instituto de Cardiologia do Distrito Federal.

Todos os indivíduos foram submetidos ao teste ergométrico e ao ecocardiograma transtorácico em um intervalo de até 30 dias<sup>14</sup>. Pacientes com fração de ejeção  $< 55\%$  não foram incluídos na análise.

A capacidade funcional foi avaliada pelo equivalente metabólico pico (MET pico), obtido indiretamente por fórmulas<sup>15</sup>, de acordo com a velocidade e a inclinação máxima atingidas em um teste ergométrico incremental em esteira, com protocolo de rampa ajustado individualmente.

A avaliação ecocardiográfica foi realizada com imagens bidimensionais do modo M e com Doppler pulsátil, utilizando-se o equipamento Philips HDI 5000, com transdutor multifrequencial de 2 a 4 MHz. Velocidades de influxo mitral

foram registradas com o Doppler pulsátil no corte apical 4 câmaras, com volume de amostragem de 5 mm na ponta dos folhetos mitrais. Foram medidas as velocidades de diástole precoce (E) e tardia (A), tempo de desaceleração e a razão E/A também foi calculada<sup>16</sup>. Utilizando o corte apical 4 câmaras, um volume de amostra de 2 mm foi colocado na junção da parede do VE com anel mitral septal para o registro do Doppler tecidual, derivando as velocidades do traçado durante a sístole (S), diástole precoce (e') e diástole tardia (a')<sup>12</sup>. A razão E/e' foi calculada para estimar as pressões de enchimento do VE: se maior que dez (10), consideramos aumento das pressões de enchimento<sup>12</sup>. A utilização do ponto de corte de dez para a relação E/e' é baseada em dados publicados por Burgess e colaboradores, em que a relação E/e'  $> 10$  (com e' do anel septal) era o melhor índice para identificar os pacientes que aumentam as pressões de enchimento durante o exercício, com sensibilidade de 71% e especificidade de 69%<sup>17</sup>.

A análise da função diastólica foi realizada a partir de protocolo utilizado em nosso laboratório, onde inicialmente avaliamos as velocidades de E e A do Doppler pulsátil mitral, bem como o cálculo da relação E/A. Na sequência, são adquiridas as velocidades de Doppler tecidual do anel septal (e' e a'), e é calculada a relação E/e'. Pela imagem bidimensional, avaliamos o volume do átrio esquerdo (AE). No caso de dúvida do grau de disfunção diastólica pelos métodos anteriores, é feita a avaliação das velocidades de fluxo da veia pulmonar ou a manobra de Valsalva. A partir desses parâmetros, a função diastólica é classificada em: normal (E/A  $> 0,8$ , e'  $> 8$  cm/s, volume do AE normal, não consideramos a relação E/e'); disfunção diastólica com padrão de alteração de relaxamento (E/A  $< 0,8$ , e'  $< 8$  cm/s, volume do AE variável e E/e' variável); disfunção diastólica pseudonormal (E/A  $> 0,8$ , e'  $< 8$  cm/s, volume do AE em geral aumentado e E/e'  $> 15$ ) e disfunção diastólica restritiva (E/A  $> 1,8$ , e'  $< 8$  cm/s, volume do AE em geral aumentado e E/e'  $> 15$ ). Essa metodologia é baseada em diversas classificações de análise da função diastólica<sup>12,18,19</sup> e relativamente rápida para utilização na prática diária do laboratório de ecocardiograma.

Para análise estatística, os indivíduos foram divididos em dois grupos: MET  $< 7$  (n = 48) e MET  $\geq 7$  (n = 572), segundo a capacidade de exercício.

Indivíduos com MET pico  $< 7$  apresentam baixa capacidade física, geralmente associada a limitações funcionais e sintomatologia, além de estarem expostos a maior risco de eventos cardiovasculares<sup>4-6,15</sup>.

A associação entre os grupos e as variáveis classificatórias foram avaliadas pelos testes qui-quadrado e Fisher. O teste de Wilcoxon foi utilizado para a comparação de médias entre os dois grupos. As variáveis que apresentaram significância estatística na análise univariada, foram utilizadas no ajuste do modelo de regressão logística. Foi definido como significância estatística o valor de  $p < 0,05$ . Para o processamento e a análise estatística, foram utilizados os programas Stata 8.0 e SAS.

## Resultados

As características clínicas e as principais medidas ecocardiográficas basais estão descritas nas Tabelas 1 e 2, respectivamente.

**Tabela 1 - Características clínicas basais**

Parâmetros	Indivíduos avaliados (n = 640)
Sexo masculino	60%
Diabete melito	7,8%
Hipertensão arterial sistêmica	37,6%
Tabagismo	11,5%
Dislipidemia	33,4%
Obesidade	26,8%
Teste ergométrico positivo	11,8%

**Tabela 2 - Características ecocardiográficas basais**

Parâmetros	Valores (média ± DP)
Índice de massa do VE (g/m <sup>2</sup> )	89,8 ± 25,3
Diâmetro diastólico do VE (mm)	48,3 ± 4,7
Diâmetro sistólico do VE (mm)	30,2 ± 4,7
Velocidade da onda E mitral (cm/s)	72,2 ± 17,1
Velocidade da onda A mitral (cm/s)	62,7 ± 18,3
Relação E/A	1,24 ± 0,47
Tempo de desaceleração da onda E (ms)	212,7 ± 57,6
Velocidade do e' do anel mitral (cm/s)	9,9 ± 3,9
Velocidade do a' do anel mitral (cm/s)	9,9 ± 3,8
Velocidade do S do anel mitral (cm/s)	8,9 ± 2,8
Relação E/e'	7,8 ± 2,9
Fração de ejeção (%)	66,8 ± 7,3

### Análise da função diastólica

A função diastólica normal ocorreu em 62% dos indivíduos; 30,4% apresentavam disfunção diastólica tipo alteração de relaxamento; 6,1%, tipo pseudonormal; 0,32%, tipo restritiva; e 1,1%, de grau indeterminado. Apenas 12,7% tinham pressões de enchimento aumentadas (inferida por relação E/e' > 10). Dos 12,7%, 17 pacientes (2,6%) estavam com função diastólica normal e capacidade de exercício normal (MET > 7).

### Risco de DAC na população

A probabilidade de DAC foi calculada a partir do escore de Morise<sup>20</sup>. Observamos 60% dos indivíduos com baixa probabilidade, 39% moderada e 1% alta. Portanto, a maioria dos pacientes apresentava baixa probabilidade de DAC.

### Determinantes da capacidade funcional de exercício pelo teste ergométrico

Realizamos a análise univariada da capacidade de exercício em MET em relação aos parâmetros clínicos e ecocardiográficos. Observamos que os parâmetros clínicos que se associaram com a baixa capacidade funcional (MET < 7) foram: sexo feminino, idade, presença de diabete melito (DM), presença de HAS e obesidade (Tabela 3). Em relação aos parâmetros ecocardiográficos, observamos que o índice

de massa do VE, a velocidade da onda A do fluxo mitral, a relação E/A do fluxo mitral, a velocidade da onda e' do Doppler tecidual do anel mitral, a velocidade da onda S do Doppler tecidual do anel mitral e a relação E/e' associavam-se a MET < 7 (Tabela 4).

Os parâmetros clínicos e ecocardiográficos que se associaram de maneira independente à baixa capacidade de exercício no ajuste do modelo de regressão logística foram a idade, o sexo feminino e a velocidade da onda A do fluxo mitral (Tabela 5).

Na análise comparativa dos grupos MET < 7 e MET > 7 em relação à presença de pressões de enchimento aumentada (Gráfico 1), observamos que 41,6% dos indivíduos com baixa capacidade funcional apresentavam a relação E/e' > 10; enquanto somente 9,4% dos indivíduos apresentavam boa capacidade funcional. O mesmo ocorreu em relação à presença de disfunção diastólica, e 76,6% dos pacientes com baixa capacidade funcional apresentavam algum grau de disfunção diastólica em comparação com 34,1% dos pacientes com melhor capacidade funcional (Gráfico 2).

### Discussão

O novo e importante achado desta investigação é que, mesmo em pacientes com baixo risco de DAC, existe uma correlação significativa entre a função diastólica e a capacidade de exercício. Outro achado significativo, concordante com outros estudos<sup>1,10,21</sup>, é que parâmetros clínicos como a idade avançada e o sexo feminino são preditores independentes de baixa capacidade funcional.

Sem dúvida, a presença de disfunção diastólica tem um fundamento fisiológico na diminuição da capacidade de exercício, já que, durante o exercício, o débito cardíaco máximo é dependente do enchimento diastólico. Na taquicardia induzida pelo exercício, ocorre um encurtamento da diástole. Se a diástole é acompanhada de anormalidades no relaxamento e no enchimento do ventrículo esquerdo, as menores taxas de enchimento são atingidas e tornam-se inadequadas para suprir o débito cardíaco exigido durante o exercício, com conseqüente aumento das pressões de enchimento e diminuição de sua capacidade máxima<sup>22</sup>. Quanto mais alterada a função diastólica inicial, menor é a capacidade de exercício.

Diversos estudos têm demonstrado boa correlação do doppler tecidual do anel mitral com capacidade funcional ao exercício<sup>23,24</sup>, provavelmente devido à associação da relação E/e' com as pressões de enchimento do ventrículo esquerdo<sup>19,25</sup>. Entretanto, a maior parte desses estudos foi realizada em uma população de indivíduos com alto risco cardiovascular ou em pacientes com doença cardiovascular comprovada. Recentemente, Grewal e cols.<sup>10</sup> observou uma boa correlação da relação E/e' com capacidade de exercício em uma população de risco cardiovascular moderado.

A população analisada em nosso estudo foi caracterizada como baixo risco cardiovascular, e 62% dos indivíduos tinham função diastólica normal, bem como 60% apresentavam baixa probabilidade de DAC. Mesmo assim, pudemos encontrar correlações entre diástole e capacidade de exercício.

Tabela 3 - Parâmetros clínicos na análise univariada

Parâmetros clínicos		MET < 7 (n = 48)	MET ≥ 7 (n = 572)	p
Idade (anos)		62,1 ± 10,6	48,3 ± 12,4	0,001
Gênero	Feminino	15,2% (39)	84,8% (217)	0,001
	Masculino	2,3% (9)	97,7% (375)	
Diabete melito	Não	6,1% (36)	93,9% (554)	0,001
	Sim	24% (12)	76% (38)	
Hipertensão	Não	4,0% (16)	96% (383)	0,001
	Sim	13,3% (32)	86,7% (209)	
Tabagismo	Não	7,6% (43)	92,4% (523)	0,796
	Sim	6,8% (5)	93,2% (69)	
Dislipidemia	Não	5,3% (24)	94,7% (450)	0,001
	Sim	12,6% (24)	87,3% (190)	
DAC*	Não	6,8% (31)	93,2% (453)	0,326
	Sim	9,1% (17)	90,9% (187)	
Obesidade	Não	5,5% (27)	94,5% (489)	0,001
	Sim	13,9% (21)	86,1% (151)	
TE† positivo	Não	7,4% (42)	92,6% (570)	0,718
	Sim	8,6% (06)	91,4% (70)	

\*DAC - doença arterial coronariana; †TE - teste ergométrico.

Tabela 4 - Parâmetros ecocardiográficos na análise univariada

Parâmetros ecocardiográficos	MET < 7 (n = 48)	MET ≥ 7 (n = 572)	p
Índice de massa do VE (g/m <sup>2</sup> )	101 ± 34	88 ± 25	0,011
Diâmetro diastólico do ventrículo esquerdo (mm)	49 ± 6	48 ± 4	0,384
Diâmetro sistólico do ventrículo esquerdo (mm)	32 ± 7	30 ± 4	0,081
Velocidade da onda E mitral (cm/s)	73 ± 16	72 ± 17	0,757
Velocidade da onda A mitral (cm/s)	82 ± 25	61 ± 17	<0,001
Relação E/A	0,96 ± 0,4	1,27 ± 0,5	<0,001
Tempo de desaceleração	217 ± 43	212 ± 59	0,330
Velocidade do e' do anel mitral (cm/s)	7,4 ± 2	10,2 ± 3	<0,001
Velocidade do a' do anel mitral (cm/s)	10,2 ± 3	9,8 ± 2	0,560
Velocidade do S do anel mitral (cm/s)	8,0 ± 2	9 ± 2	<0,001
Relação E/e'	10,7 ± 4,1	7,5 ± 2,7	<0,001

No modelo do nosso protocolo, o número de pacientes com função diastólica normal foi alto, e o fato de a disfunção diastólica predominante ser a alteração de relaxamento (30% dos pacientes) pode explicar por que a baixa capacidade funcional está associada ao aumento da velocidade da onda

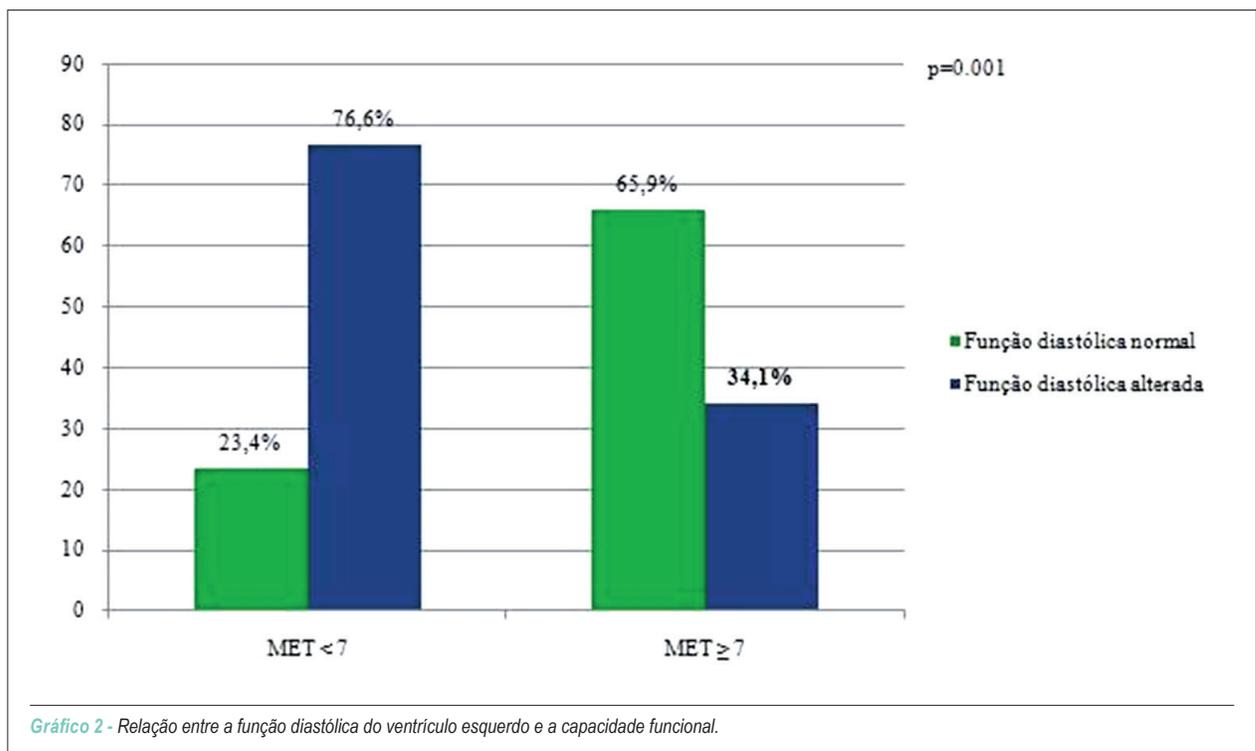
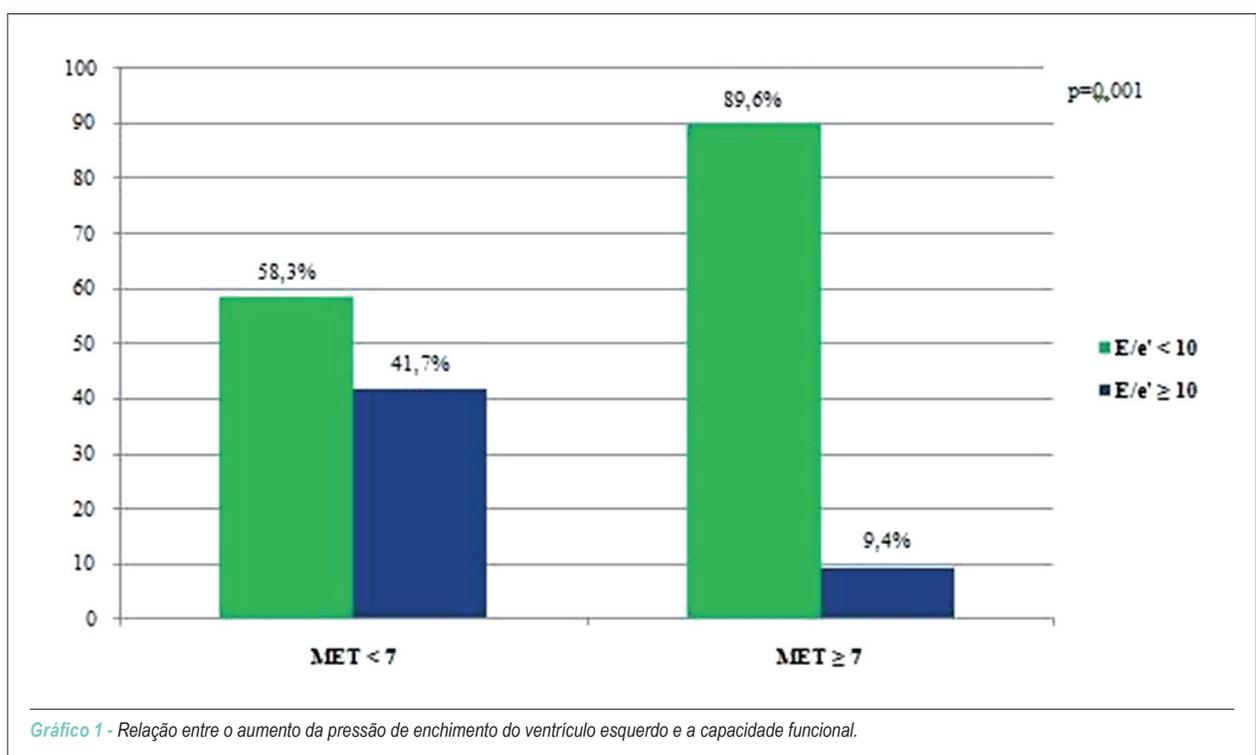
Tabela 5 - Parâmetros clínicos e ecocardiográficos determinantes de baixa capacidade de exercício (regressão logística)

Parâmetros independentes	MET < 7 (n = 48)	MET ≥ 7 (n = 592)	OR	P
Idade (anos)	62±11	48 ± 2	1,09	<0,001
Sexo feminino	39 (15,2%)	217 (84,8%)	11,37	<0,001
Velocidade da onda A mitral (cm/s)	82 ± 25	61 ± 17	1,03	0,004

A do Doppler convencional mitral e não a relação E/e'. A velocidade de A aumenta nos pacientes com disfunção diastólica do tipo alteração de relaxamento, tornando-se um parâmetro significativo em uma população com 30% de pacientes classificados nesse grau de disfunção diastólica.

O estudo realizado por Firstenberg e cols.<sup>26</sup> observou ausência de correlação entre a relação E/e' e as pressões de enchimento do ventrículo esquerdo em indivíduos sem doenças cardiovasculares e corrobora com os achados no presente protocolo, em que a maior parte dos pacientes não apresentava doença cardiovascular (60%). A base fisiológica para essa ausência de correlação pode ser reforçada por recentes evidências que sugerem que a velocidade diastólica precoce do anel septal (e') sofre influências significativas da pré-carga em ventrículos normais, o que não ocorre nos ventrículos com alteração da função diastólica, principalmente alterações no relaxamento ventricular<sup>27</sup>.

A idade avançada foi outro fator independente relacionado à baixa capacidade funcional. O declínio da capacidade funcional



é evidenciado a partir dos 50 anos de idade, tornando-se mais evidente após os 75 anos, em ambos os sexos<sup>28</sup>. Em nosso estudo, a idade média dos indivíduos do grupo de MET < 7 foi de 62,1 anos, corroborando com os dados acima. Múltiplos

fatores relacionam-se com essa diminuição da capacidade funcional, tais como: diminuição da mobilidade articular, da massa muscular, da força, da coordenação, da resistência e da presença de doenças crônicas<sup>28,29</sup>.

Outra variável clínica relacionada com a baixa capacidade funcional em nosso estudo foi o sexo feminino. Os fatores que explicam essa diferença entre os sexos são a reduzida capacidade de transporte de oxigênio, a menor massa muscular, o maior percentual de gordura e a menor aptidão cardiorrespiratória observados nas mulheres<sup>30</sup>.

As principais limitações deste estudo são o delineamento retrospectivo, a utilização de somente alguns parâmetros na análise de função diastólica pelo ecocardiograma, a avaliação da capacidade física de forma indireta pelo teste ergométrico e não por ergoespirometria e o fato de o intervalo dos exames ter sido realizado em um período máximo de 30 dias. Acrescentamos também que não houve acesso a dados laboratoriais e capacidade funcional pulmonar, pois inúmeros indivíduos faziam acompanhamento fora desta instituição. Todavia, a população estudada é de baixo risco de DAC, sendo representativa de pacientes que realizam com frequência avaliação de risco cardiovascular, tornando os parâmetros encontrados úteis para a prática clínica.

## Referências

1. Woo JS, Derleth C, Stratton JR, Levy WC. The influence of age, gender, and training on exercise efficiency. *J Am Coll Cardiol*. 2006; 47 (5): 1049-57.
2. Wong CY, O'Moore-Sullivan T, Fang ZY, Haluska B, Leano R, Marwick TH. Myocardial and vascular dysfunction and exercise capacity in the metabolic syndrome. *Am J Cardiol*. 2005; 96 (12): 1686-91.
3. Shubair MM, Kodis J, McKelvie RS, Arthur HM, Sharma AM. Metabolic profile and exercise capacity outcomes: their relationship to overweight and obesity in a Canadian cardiac rehabilitation setting. *J Cardiopulm Rehabil*. 2004; 24 (6): 405-13.
4. Myers J, Prakash M, Froelicher V, Do D, Partington S, Atwood JE. Exercise capacity and mortality among men referred for exercise testing. *N Engl J Med*. 2002; 346 (11): 793-801.
5. Blair SN, Kampert JB, Kohl HW, 3rd, Barlow CE, Macera CA, Paffenbarger RS, et al. Influences of cardiorespiratory fitness and other precursors on cardiovascular disease and all-cause mortality in men and women. *JAMA*. 1996; 276 (3): 205-10.
6. Kavanagh T, Mertens DJ, Hamm LF, Beyene J, Kennedy J, Corey P, et al. Prediction of long-term prognosis in 12 169 men referred for cardiac rehabilitation. *Circulation*. 2002; 106 (6): 666-71.
7. Mancini D, LeJemtel T, Aaronson K. Peak VO<sub>2</sub>: a simple yet enduring standard. *Circulation*. 2000; 101 (10): 1080-2.
8. Skaluba SJ, Litwin SE. Mechanisms of exercise intolerance: insights from tissue Doppler imaging. *Circulation*. 2004; 109 (8): 972-7.
9. Kitzman DW, Higginbotham MB, Cobb FR, Sheikh KH, Sullivan MJ. Exercise intolerance in patients with heart failure and preserved left ventricular systolic function: failure of the Frank-Starling mechanism. *J Am Coll Cardiol*. 1991; 17 (5): 1065-72.
10. Grewal J, McCully RB, Kane GC, Lam C, Pellikka PA. Left ventricular function and exercise capacity. *JAMA*. 2009; 301 (3): 286-94.
11. Okura H, Inoue H, Tomon M, Nishiyama S, Yoshikawa T, Yoshida K, et al. Impact of Doppler-derived left ventricular diastolic performance on exercise capacity in normal individuals. *Am Heart J*. 2000; 139 (4): 716-22.
12. Nagueh SF, Middleton KJ, Kopelen HA, Zoghbi WA, Quinones MA. Doppler tissue imaging: a noninvasive technique for evaluation of left ventricular relaxation and estimation of filling pressures. *J Am Coll Cardiol*. 1997; 30 (6): 1527-33.

## Conclusão

A disfunção diastólica determinada pelo ecocardiograma, o sexo feminino e a idade estão associados com a menor capacidade de exercício em uma população de baixo risco de DAC com função ventricular esquerda preservada.

### Potencial Conflito de Interesses

Declaro não haver conflito de interesses pertinentes.

### Fontes de Financiamento

O presente estudo não teve fontes de financiamento externas.

### Vinculação Acadêmica

Não há vinculação deste estudo a programas de pós-graduação.

13. Bella JN, Palmieri V, Roman MJ, Liu JE, Welty YK, Lee ET, et al. Mitral ratio of peak early to late diastolic filling velocity as a predictor of mortality in middle-aged and elderly adults: the Strong Heart Study. *Circulation*. 2002; 105 (18): 1928-33.
14. Myers J, Buchanan N, Smith D, Neutel J, Bowes E, Walsh D, et al. Individualized ramp treadmill: observations on a new protocol. *Chest*. 1992; 101 (5 Suppl): 236S-41S.
15. Franklin B, Whaley M, Howley E. Guidelines for exercise testing and prescription. 6th ed. Baltimore :Lippincott Williams & Wilkins; 2000.
16. Quinones MA, Otto CM, Stoddard M, Waggoner A, Zoghbi WA. Recommendations for quantification of Doppler echocardiography: a report from the Doppler Quantification Task Force of the Nomenclature and Standards Committee of the American Society of Echocardiography. *J Am Soc Echocardiogr*. 2002; 15 (2): 167-84.
17. Burgess MI, Jenkins C, Sharman JE, Marwick TH. Diastolic stress echocardiography: hemodynamic validation and clinical significance of estimation of ventricular filling pressure with exercise. *J Am Coll Cardiol*. 2006; 47 (9): 1891-900.
18. Lester SJ, Tajik AJ, Nishimura RA, Oh JK, Khandheria BK, Seward JB. Unlocking the mysteries of diastolic function: deciphering the Rosetta Stone 10 years later. *J Am Coll Cardiol*. 2008; 51 (7): 679-89.
19. Ommen SR, Nishimura RA, Appleton CP, Miller FA, Oh JK, Redfield MM, et al. Clinical utility of Doppler echocardiography and tissue Doppler imaging in the estimation of left ventricular filling pressures: a comparative simultaneous Doppler-catheterization study. *Circulation*. 2000; 102 (15): 1788-94.
20. Morise AP, Haddad WJ, Beckner D. Development and validation of a clinical score to estimate the probability of coronary artery disease in men and women presenting with suspected coronary disease. *Am J Med*. 1997; 102 (4): 350-6.
21. Weiss EP, Spina RJ, Holloszy JO, Ehsani AA. Gender differences in the decline in aerobic capacity and its physiological determinants during the later decades of life. *J Appl Physiol*. 2006; 101 (3): 938-44.
22. Oldershaw PJ, Dawkins KD, Ward DE, Gibson DG. Diastolic mechanisms of impaired exercise tolerance in aortic valve disease. *Br Heart J*. 1983; 49 (6): 568-73.
23. Kim HK, Kim YJ, Cho YS, Solin DW, Lee MM, Park YB, et al. Determinants of exercise capacity in hypertensive patients: new insights from tissue Doppler echocardiography. *Am J Hypertens*. 2003; 16 (7): 564-9.

24. Matsumura Y, Elliott PM, Virdee MS, Sorajja P, Doi Y, McKenna WJ. Left ventricular diastolic function assessed using Doppler tissue imaging in patients with hypertrophic cardiomyopathy: relation to symptoms and exercise capacity. *Heart*. 2002; 87 (3): 247-51.
25. Nagueh SF, Lakkis NM, Middleton KJ, Spencer WH 3rd, Zoghbi WA, Quinones MA. Doppler estimation of left ventricular filling pressures in patients with hypertrophic cardiomyopathy. *Circulation*. 1999; 99 (2): 254-61.
26. Firstenberg MS, Levine BD, Garcia MJ, Greenberg NL, Lardon L, Morehead AJ, et al. Relationship of echocardiographic indices to pulmonary capillary wedge pressures in healthy volunteers. *J Am Coll Cardiol*. 2000; 36 (5): 1664-9.
27. Takatsuji H, Mikami T, Urasawa K, Teranishi J, Onozuka H, Takagi C, et al. A new approach for evaluation of left ventricular diastolic function: spatial and temporal analysis of left ventricular filling flow propagation by color M-mode Doppler echocardiography. *J Am Coll Cardiol*. 1996; 27 (2): 365-71.
28. Wright VJ, Perricelli BC. Age-related rates of decline in performance among elite senior athletes. *Am J Sports Med*. 2008; 36 (3): 443-50.
29. Baker AB, Tang YQ, Turner MJ. Percentage decline in masters superathlete track and field performance with aging. *Exp Aging Res*. 2003; 29 (1): 47-65.
30. Lewis DA, Kamon E, Hodgson JL. Physiological differences between genders. Implications for sports conditioning. *Sports Med*. 1986; 3 (5): 357-69.