

## Aspectos básicos da ergometria contemporânea

### Basics of contemporary exercise testing

Augusto Hiroshi Uchida<sup>1</sup>, Paulo Moffa<sup>2</sup>, Fernanda Coutinho Storti<sup>3</sup>

Uchida AH, Moffa P, Storti FC. Aspectos básicos da ergonomia contemporânea. Rev Med (São Paulo). 2009 jan.-mar.;88(1):1-6.

**RESUMO:** O teste ergométrico é um exame já bem estabelecido e vem sendo adotado na prática clínica por várias décadas. Ele é geralmente seguro, mas deve ser considerado de forma judiciosa, indicando-se de forma apropriada qual o tipo de paciente que deve ser submetido ao exame. A interpretação do teste ergométrico inclui capacidade funcional, aspectos clínicos, hemodinâmicos e a resposta eletrocardiográfica.

**DESCRIPTORIOS:** Teste de esforço. Doença das coronárias. Angina pectoris. Eletrocardiografia.

#### INTRODUÇÃO

O teste de esforço é um exame não invasivo, que avalia o comportamento do sistema cardiovascular frente ao exercício, sob monitorização clínica, eletrocardiográfica e hemodinâmica. A sensibilidade média é de 68%, a especificidade de 77% e a acurácia de 73% para diagnóstico de doença coronária<sup>9</sup>. Óbito e/ou infarto agudo do miocárdio (IAM) ocorrem em cerca de 5 para cada 100.000 testes.

#### INDICAÇÕES

Investigação diagnóstica e prognóstica de

doença arterial coronária (DAC), estratificação de risco pós-IAM, avaliação de arritmias, capacidade funcional, resposta da pressão arterial, avaliação terapêutica, avaliação de marcapasso e de desfibrilador implantável.

#### CONTRA-INDICAÇÕES

Absolutas: IAM recente, angina instável, arritmias cardíacas graves, pericardite ou miocardite aguda, endocardite, estenose aórtica grave, TEP recente, estenose mitral severa, dissecção aórtica.

Relativas: BAV avançado, marcapasso de frequência fixa, lesão de tronco de coronária esquerda ou equivalente, hipertrofia septal assimétrica,

<sup>1</sup>. Médico Assistente do Instituto do Coração – HCFMUSP.

<sup>2</sup>. Professor Livre Docente e Professor Associado de Cardiologia da Faculdade de Medicina da Universidade de São Paulo. Instituto do Coração - HCFMUSP.

<sup>3</sup>. Especialista em cardiologia, ecocardiografia e ergometria pela Sociedade Brasileira de Cardiologia e Associação Médica Brasileira. Médica Pesquisadora do Instituto do Coração – HCFMUSP.

**Endereço para correspondência:** Augusto Hiroshi Uchida. Rua João Moura, 870. Apart. 144A. São Paulo, SP. CEP: 05412-002. E-mail: [augusto.uchida@incor.usp.br](mailto:augusto.uchida@incor.usp.br)

doenças infecciosas agudas, anemia intensa, intoxicação medicamentosa, distúrbios metabólicos graves (cetoacidose diabética, insuficiência renal ou hepática, tireotoxicose ou mixedema), pós-operatório recente de cirurgia cardíaca, insuficiência cardíaca descompensada, insuficiência vascular periférica grave, hipertensão grave (PA Sistólica > 200 mmHg e/ou PA Diastólica > 110 mmHg) e qualquer incapacidade motora para realização do exercício.

## PROBABILIDADE PRÉ-TESTE DE DAC

O método de Diamond-Forrester<sup>3</sup> é recomendado rotineiramente pela diretriz americana<sup>9</sup>, como demonstrado na Tabela 1 (A e B). Categoriza os indivíduos conforme três variáveis:

1. Sexo. Divide em homens e mulheres, mantendo as mesmas faixas etárias para ambos os sexos;
2. Faixa etária. Classifica em 04 faixas de idade: 30-39, 40-49, 50-59 e 60-69 anos;
3. Sintomas. Limita-se a avaliação de angina.

Da análise dessas variáveis, resulta a seguinte categorização de probabilidade: alta (> 90%), intermediária (10 a 90%), baixa (< 10%) e muito baixa (< 5%).

**Tabela 1A.** Probabilidade pré-teste de doença coronária pelo método de Diamond-Forrester para o sexo masculino

Probabilidade Pré-Teste – Sexo masculino				
Idade	AT	AA	DNA	ASS
30-39a	I	I	B	MB
40-49a	A	I	I	B
50-59a	A	I	I	B
60-69a	A	I	I	B

AT – Angina típica; AA – Angina atípica; DNA – Dor não anginosa; ASS – Assintomático; A – Alta; I – Intermediária; B – Baixa; MB – Muito Baixa

**Tabela 1B.** Probabilidade pré-teste de doença coronária pelo método de Diamond-Forrester para o sexo feminino

Probabilidade Pré-Teste – sexo feminino				
Idade	AT	AA	DNA	ASS
30-39a	I	MB	MB	MB
40-49a	I	B	MB	MB
50-59a	I	I	B	MB
60-69a	A	I	I	B

AT – Angina típica; AA – Angina atípica; DNA – Dor não anginosa; ASS – Assintomático; A – Alta; I – Intermediária; B – Baixa; MB – Muito Baixa

## CRITÉRIOS DE INTERRUPÇÃO

Critérios técnicos: falência do sistema de registro.

Critérios hemodinâmicos: PAD  $\geq$  120 mmHg em normotensos, PAD  $\geq$  140 mmHg em hipertensos, PAS  $\geq$  260 mmHg, Queda da PAS  $\geq$  20mmHg.

Critérios clínicos: angina progressiva, sinais de baixo débito: ataxia, tontura, cianose, palidez e pré-síncope, dispneia progressiva, incordenação motora, sintomas de insuficiência vascular periférica, cansaço físico intenso ou exaustão

Critérios eletrocardiográficos: supradesnível do segmento ST (em área sem onda Q), infradesnível do segmento ST > 03 mm, arritmia ventricular complexa, taquicardia sustentada, bloqueio atrioventricular de segundo ou terceiro grau, alargamento do QRS de difícil distinção com taquicardia ventricular.

## DERIVAÇÕES

A derivação D2 tem uma alta taxa de falso-positivos. A derivação V5 possui isoladamente o maior valor diagnóstico. Em pacientes com eletrocardiograma de repouso normal, a depressão do segmento ST esforço-induzida confinada a derivações inferiores tem pouco valor diagnóstico<sup>3</sup>. As derivações precordiais laterais (V4 a V6) são capazes de detectar 90% de todas as alterações verdadeiramente isquêmicas<sup>4</sup>.

## RESPOSTA ELETROCARDIOGRÁFICA

A medida de qualquer desnível do segmento ST é feita a partir da linha de base PQ e não da linha PR. Infradesnivelamentos do segmento ST de morfologia descendente são mensurados no ponto J, morfologia horizontal, ascendente e convexo são mensurados no ponto Y, que deve ser considerado a 0,08s do ponto J, quando a análise é visual.

Resposta eletrocardiográfica fisiológica durante o exercício: aumento da amplitude das ondas P e Q, diminuição da amplitude onda R, diminuição do intervalo QT e diminuição da amplitude onda T<sup>9</sup>.

## CRITÉRIOS DE POSITIVIDADE

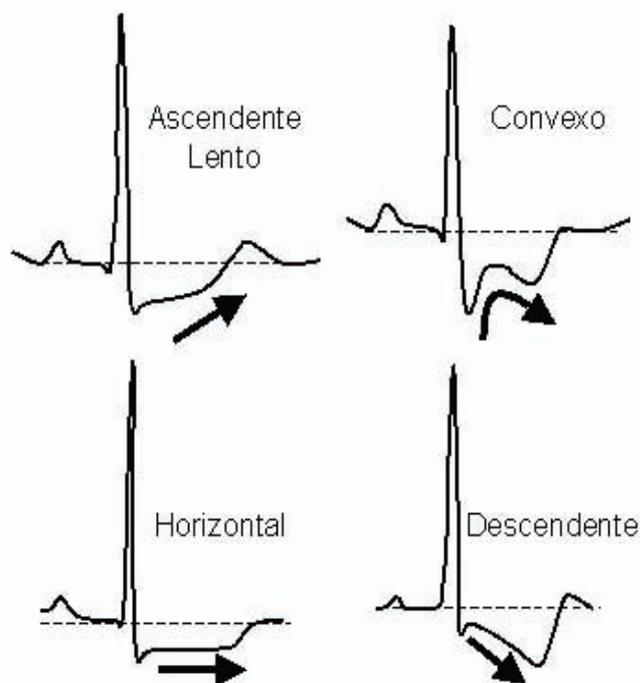
Os critérios de positividade estão listados na Tabela 2 e os tipos de depressão do segmento ST estão ilustrados na Figura 1. Teste positivo indica que houve alteração morfológica do segmento ST com magnitude suficiente para caracterização de isquemia miocárdica. Teste sugestivo significa que

houve documentação de alteração morfológica do segmento ST, porém, sem magnitude suficiente para positivar o exame.

**Tabela 2.** Critérios clássicos de positividade do teste ergométrico

Critérios para interpretação do segmento ST		
Morfologia	Magnitude do desnível do ST	
	1mm	2mm
Ascendente lento	Negativo	Sugestivo
Convexo	Negativo	Positivo
Horizontal	Positivo	Positivo
Descendente	Positivo	Positivo
Supradesnível	Positivo	Positivo

Infradesnível do segmento ST. O padrão ascendente lento é considerado anormal, porém, foi excluído do critério de positividade, pois determina uma alta taxa de falso-positivos. O padrão convexo é pouco reconhecido na literatura internacional e sugere quadro de insuficiência coronária não obstrutiva quando aparece no pico do exercício, normalizando rapidamente na recuperação (primeiro minuto). Classicamente, são os padrões horizontal e descendente que definem os critérios de positividade internacionalmente aceitos; sendo que, o descendente indica isquemia mais grave<sup>4</sup>.



**Figura 1.** Tipos morfológicos de depressão do segmento ST considerados anormais

Supradesnível do segmento ST (SST). Tem valor localizador, ao contrário do infradesnível. Quando há onda Q associada, devemos considerar a possibilidade de discinesia.

Vale ressaltar que os critérios de positividade são os mesmos para ambos os sexos, pois a manifestação eletrocardiográfica de isquemia não difere entre homens e mulheres.

## PARTICULARIDADES

Alterações do ECG basal que limitam a definição de isquemia: uso de digital, sobrecarga ventricular esquerda, distúrbios da condução intraventricular, pré-excitação ventricular, infradesnível do segmento ST basal superior a 1,0 mm e QT longo.

Onda Q. A presença de onda Q patológica no ECG basal com concomitante supradesnível do segmento ST no esforço, indica isquemia e/ou discinesia.

Repolarização precoce. A medida do infradesnível do segmento ST é considerada a partir da linha de base PQ.

Infra ST ou supra basal. A linha do desnível do ST é o referencial para a medida do desnível adicional durante o exercício. As elevações do segmento ST devem ser medidas a 0,40s do ponto J.

Efeito memória na recuperação. Alterações morfológicas do segmento ST que ocorrem após episódios transitórios de bloqueios de ramo ou de taquiarritmias, são considerados como efeito memória (memória eletrotônica), e não são consideradas para definição de isquemia miocárdica.

Batimentos pós-extrasistólicos. Não são considerados para a análise.

Onda T atrial (Ta). A condução atrioventricular acelerada favorece a expressão da onda Ta, que se manifesta como um infradesnível do segmento ST com padrão ascendente lento. É mais acentuado em D2, D3 e aVF e deve ser considerado como uma resposta eletrocardiográfica variante do normal.

Atraso final de condução (pelo ramo direito). A proeminência da onda S em amplitude e/ou duração caracteriza essa entidade. Trata-se uma variação do normal que pode simular, durante o TE, padrões de supradesnível do segmento ST, de bloqueio divisional ântero-superior esquerdo e até mimetizar uma taquicardia ventricular.

ECG na recuperação. Os critérios de positividade são semelhantes à fase de exercício, mesmo quando os desníveis do segmento ST ocorrem exclusivamente no pós-exercício.

## ARRITMIAS

Nas arritmias o TE se presta para a provocação ou indução, avaliação de origem, complexidade, frequência, correlação com sintomas, risco de morte súbita, avaliação de terapia anti-arrítmica e análise do controle da resposta ventricular de portador de fibrilação atrial. Bradiarritmias intra-esforço (disfunção sinusal e bloqueios atrioventriculares) representam raros relatos na literatura e possuem significado incerto.

Especificamente sobre as arritmias ventriculares, pode-se dizer que:

- Há baixa reprodutibilidade, sendo que as complexas são mais reprodutíveis;
- A prevalência estimada é de 50% em homens acima de 50 anos, em geral, ocorrendo com maior frequência na fase de recuperação;
- Arritmias induzidas pelo exercício não são indicativas de isquemia miocárdica e têm difícil definição, pois, mesmo aquelas que ocorrem exclusivamente na recuperação foram induzidas pelo esforço;
- Arritmias suprimidas pelo exercício não são necessariamente benignas;
- Coronariopatas que apresentam arritmia ventricular frequentemente têm doença multiarterial e disfunção ventricular;
- Arritmia ventricular polimórfica com frequência cardíaca baixa aumenta a suspeita de insuficiência coronária;
- Taquicardia ventricular isquêmica tende a ocorrer com frequência cardíaca inferior a 150 bpm.

Wolff-Parkinson-White (WPW). A presença de pré-excitação limita a análise morfológica para definição de isquemia miocárdica. Com relação a estratificação de risco, o QRS pré-excitado persistente tem especificidade de 17%, sensibilidade de 90%, valor preditivo de 40% e valor preditivo negativo de 88%. Episódios de taquicardias atrioventriculares são raros e o risco de morte súbita é definido quando há documentação de fibrilação atrial ou flutter atrial com RR inferior a 250ms.

## DISTÚRBIOS DE CONDUÇÃO INTRAVENTRICULAR

Bloqueio de ramo esquerdo (BRE). A presença de BRE limita a análise morfológica do segmento ST para definição de isquemia miocárdica<sup>8</sup>.

BRE transitório intra-esforço tem baixa especificidade para coronariopatia. Há maior prevalência de lesão crítica de descendente anterior quando ocorre com frequência cardíaca (FC) < 125

bpm<sup>6</sup>. Incide em aproximadamente 0,5% de todos os testes de esforço.

Bloqueio de ramo direito (BRD). Limita a análise morfológica para definição de isquemia miocárdica nas derivações precordiais de V1 a V4.

BRD transitório esforço-induzido é raro e a correlação com coronariopatia ocorre quando se manifesta com FC < 105 bpm.

Bloqueios divisionais. Quando transitórios no exercício, geralmente mascaram as alterações do segmento ST, mas, indicam isquemia extensa com gravidade semelhante ao supradesnível do segmento ST e apresentam alta correlação com lesão proximal de descendente anterior<sup>7</sup>.

## RESPOSTA CRONOTRÓPICA

Resposta cronotrópica inconclusiva. Ocorre quando há: uso de drogas cronotrópicas negativas, baixo desempenho físico (< 5MET), taquiarritmias, algumas modalidades de estimulação cardíaca artificial e transplante cardíaco.

Resposta cronotrópica fisiológica. O incremento da FC deve ser linear ao longo do exercício, com aumento proporcional à demanda, devendo atingir uma FC > 2 desvios-padrão da FC máxima (1 desvio-padrão = 10 a 15 bpm).

Incompetência cronotrópica. Por si só, não caracteriza uma prova documental de isquemia miocárdica. Quando associada as alterações do segmento ST, atesta a gravidade do fenômeno.

Recuperação lenta. A recuperação lenta da FC no pós-exercício deve ser avaliada após interrupção abrupta do exercício, sem período de recuperação ativa, mantendo-se o indivíduo em posição ortostática. É caracterizada quando há queda da FC inferior a 12 bpm no primeiro minuto<sup>1,90</sup> ou queda inferior a 42 bpm<sup>99</sup> no segundo minuto da recuperação.

## RESPOSTA PRESSÓRICA

Dois problemas dificultam a interpretação das curvas pressóricas: falta de critérios consensuais na literatura e limitada acurácia da medida da pressão. Contudo, é possível qualificar as seguintes situações:

Resposta pressórica fisiológica. PA sistólica com incremento mínimo de 30 mmHg durante o exercício e pressão arterial diastólica com variação discreta de até 10 mmHg;

Resposta pressórica inconclusiva. Quando não são realizadas pelo menos 03 medidas, em estágios distintos do protocolo;

Hiperreatividade. É considerada quando a

PA sistólica for superior a 220mmHg e/ou ocorrer elevação de 15mmHg ou mais da PA diastólica, partindo de valores normais em repouso<sup>9</sup>. Está correlacionada com disfunção endotelial, acidente vascular cerebral, doença arterial coronária mais severa e é fator preditivo para hipertensão arterial futura.

Aspectos relevante sobre a hiperreatividade:

- Resposta hipertensiva é sinônimo de resposta hiperreativa;
- Não são qualificados como hiperreativos: hipertensos controlados com medicação e hipertensos com medida pressórica normal no pré-esforço;
- O incremento da PA diastólica de 60 para 80 mmHg não é qualificado como hiperreatividade.

Déficit inotrópico. Diagnosticado nos seguintes contextos:

- Comportamento deprimido da PA sistólica;
- Elevação menor que 30 mmHg;
- Comportamento em platô. Ausência de elevação da PA sistólica em dois ou mais estágios do protocolo;
- Hipotensão intra-esforço. Queda da PA sistólica superior a 15 mmHg.

O déficit inotrópico indica uma baixa reserva miocárdica, e tem um valor fundamentalmente prognóstico.

Recuperação lenta. A recuperação lenta da pressão arterial no pós-exercício pode ser caracterizada por:

- $R3 / PA \text{ pico} > 0,95$ . Razão entre PA sistólica do terceiro minuto da recuperação e a PA sistólica do pico do exercício<sup>9</sup>;
- $R3 / R1 > 1,0$ . Razão entre PA sistólica do terceiro minuto e a PA sistólica do primeiro minuto da recuperação<sup>9</sup>.

Aumento paradoxal. Definido quando há um aumento da pressão arterial sistólica, nos primeiros três minutos da recuperação, acima dos valores máximos atingidos no exercício<sup>9</sup>.

Hipertensão arterial fixa ou mantida. Hipertensão

arterial sistêmica nos controles de repouso e mantida em exercício. Critérios sugeridos:

- Completar pelo menos 03 estágios do protocolo;
- Incremento mínimo da pressão arterial sistólica de 30mmHg;
- Variação máxima da pressão arterial diastólica de 10 mmHg;
- Basal hipertenso.

Hipotensão pós-exercício. Queda da PA sistólica  $> 20$  mmHg dos valores pré-exercício ou PA sistólica  $< 90$  mmHg. Não há correlação direta com doença coronária.

### ESCORE DE DUKE (ED)

Inicialmente, foi idealizado com caráter prognóstico<sup>3,9</sup> e depois validado com finalidade diagnóstica<sup>3,9</sup>.

É composto por:

- 1) magnitude do desnível (infra ou supra) do segmento ST em mm;
- 2) capacidade funcional;
- 3) angina intra-esforço.

Fórmula para o cálculo do ED:

Tempo de exercício – (5 x desnível ST) – (4 x índice de angina).

O tempo de esforço deve ser medido em minutos do protocolo de Bruce (em outros protocolos há necessidade de equivalência em MET).

A angina deve ser classificada e codificada conforme uma escala de zero a 2. Zero equivale a ausência de angina, 1 ponto para angina intra-esforço e 2 pontos se a angina é limitante.

O ED classifica os pacientes em 3 categorias de risco:

Baixo risco:  $> + 5$  pontos. Moderado risco: 10 a  $+ 4$  pontos. Alto risco:  $< - 11$  pontos.

Limitações do ED: assintomáticos, idosos, após revascularização cirúrgica do miocárdio e após infarto do miocárdio recente.

Uchida AH, Moffa P, Storti FC. Basics of contemporary exercise testing. Rev Med (São Paulo). 2009 jan.-mar.;88(1):1-6.

**ABSTRACT:** Exercise testing is a well-established procedure that has been in widespread clinical use for many decades. Exercise testing is generally a safe procedure, but good clinical judgment should therefore be used in deciding which patients should undergo exercise testing. Interpretation of the exercise test should include exercise capacity and clinical, hemodynamic, and electrocardiographic response.

**KEY-WORDS:** Exercise test. Coronary disease. Angina pectoris. Electrocardiography.

## REFERÊNCIAS

1. Cole CR, Blackstone EH, Pashkow FJ, Snader CE, Lauer MS. Heart-rate recovery immediately after exercise as a predictor of mortality. *N Engl J Med.* 1999;341(18):1351-7.
2. Cole CR, Foody JM, Blackstone EH, Lauer MS. Heart rate recovery after submaximal exercise testing as a predictor of mortality in a cardiovascularly healthy cohort. *Ann Intern Med.* 2000;132(7):552-5.
3. Diamond GA, Forrester JS. Analysis of probability as an aid in the clinical diagnosis of coronary-artery disease. *N Engl J Med.* 1979;300(24):1350-8.
4. Fletcher GF, Balady GJ, Amsterdam EA, Chaitman B, Eckel R, Fleg J, et al. Exercise standards for testing and training: a statement for healthcare professionals from the American Heart Association. *Circulation.* 2001;104(14):1694-740.
5. Gibbons RJ, Balady GJ, Bricker JT, Chaitman BR, Fletcher GF, Froelicher VF, et al. ACC/AHA 2002 guideline update for exercise testing: summary article: a report of the American College of Cardiology/American Heart Association Task Force on Practice Guidelines (Committee to Update the 1997 Exercise Testing Guidelines). *Circulation.* 2002;106(14):1883-92.
6. Heinsimer JA, Irwin JM, Basnight LL. Influence of underlying coronary artery disease on the natural history and prognosis of exercise-induced left bundle branch block. *Am J Cardiol.* 1987;60(13):1065-7.
7. Marcadet DM, Genet P, Assayag P, Valere PE. Significance of exercise-induced left hemiblock. *Am J Cardiol.* 1990;66(19):1390-2.
8. Mark DB, Mark AH, Harrell FE, Lee KL, Califf RM, Pryor DB. Exercise treadmill score for predicting prognosis in coronary artery disease. *Ann Intern Med.* 1987;106(6):793-800.
9. Mark DB, Shaw L, Harrell FE Jr, Hlatky MA, Lee KL, Bengtson JR, et al. Prognostic value of a treadmill exercise score in outpatients with suspected coronary artery disease. *N Engl J Med.* 1991;325(12):849-53.
10. Miranda CP, Liu J, Kadar A, Janosi A, Froning J, Lehmann KG, et al. Usefulness of exercise-induced ST-segment depression in the inferior leads during exercise testing as a marker for coronary artery disease. *Am J Cardiol.* 1992;69(4):303-7.
11. Nishime EO, Cole CR, Blackstone EH. Heart rate recovery and treadmill exercise score as predictors of mortality in patients referred for exercise ECG. *JAMA.* 2000;284(11):1392-8.
12. Whinnery JE, Froelicher VF, Stuart AJ. The electrocardiographic response to maximal treadmill exercise of asymptomatic men with left bundle branch block. *Am Heart J.* 1977;94(3):316-24.
13. Il Diretrizes da Sociedade Brasileira de Cardiologia sobre Teste Ergométrico. *Arq Bras Cardiol.* 2002;78 (Supl II):1-18.

Recebido em: 04/07/2008

Aceito em: 14/10/2008