

## Análise Crítica dos Resultados Positivo e Negativo ao Teste Ergométrico. Visão para o Clínico

William Azem Chalela, Paulo Jorge Moffa  
São Paulo, SP

A freqüência com a qual o teste de esforço (TE) é empregado, na prática clínica, atualmente, atesta a sua ampla aceitação. É usado como uma metodologia de discriminação grosseira e o seu valor está na capacidade de identificar, precocemente, uma parcela de pacientes considerada de alto risco e permitir, assim, instituição de um programa efetivo em prevenir futuras disfunções. Todavia, ainda persistem algumas controvérsias quanto aos resultados, devido sua ineficiência em distinguir, com precisão, aqueles que têm daqueles que não têm doença arterial coronária (DAC). Durante muitos anos, o TE foi interpretado como positivo (presença de DAC) e negativo (ausência de DAC). A correlação entre os achados da coronariografia e as alterações do eletrocardiograma (ECG) ao esforço, não tardou a demonstrar que o método não constitui um indicador fidedigno para o diagnóstico confiável de DAC. É importante enfatizar que as mudanças no segmento ST do ECG induzidas pelo exercício, refletem, especificamente, alterações metabólicas e elétricas nos ventrículos (fig. 1) e, somente de maneira indireta, a anatomia coronariana.

Sabe-se que qualquer das síndromes isquêmicas pode estar associada a padrões variáveis e múltiplos de anatomia arterial coronária, observado por Gorlin<sup>1</sup>, e que a intensidade da isquemia miocárdica não é proporcional ao número e ao grau das obstruções coronárias<sup>2-6</sup>. Portanto, isquemia miocárdica e lesão obstrutiva coronária não guardam necessariamente relação de causa e efeito.

A correlação do TE, basicamente um método de investigação do fenômeno isquêmico a nível celular, com os achados da cinecoronariografia, método de visualização da anatomia arterial até o limite de 100 micra, deve ser feita de forma muito criteriosa.

Obviamente, nem a história clínica, nem o arteriograma coronário, constituem por si próprios

padrões absolutos para determinar a presença ou ausência de cardiopatia isquêmica, bem como a prova ergométrica. Cada um destes fornece diferentes dados de informação, os quais podem concordar entre si totalmente, parcialmente, ou não concordar em pacientes isolados.

É amplamente reconhecido que, se por um lado a doença coronária significativa coexiste com a ausência de sintomas, por outro lado, a angina de peito ou mesmo o infarto do miocárdio podem, por vezes, ocorrer na ausência de anormalidades arteriográficas significativas.

### Conceituação

A conceituação de resultados verdadeiros e falsos é obtido pela correlação dos resultados do TE e da coronariografia. Teste “verdadeiro-positivo”(VP) - teste positivo em pacientes com coronárias anormais. Teste “falso-positivo”(FP) - teste anormal em indivíduo com coronariografia normal .

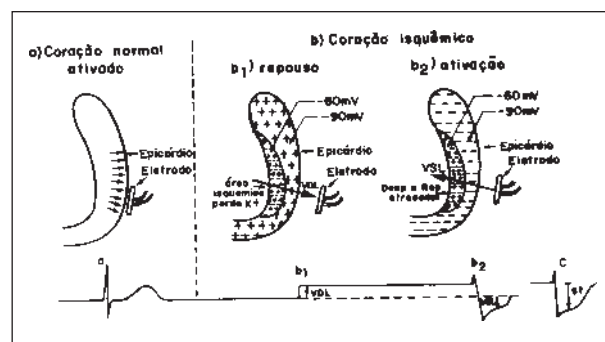


Fig. 1 - Representação esquemática da parede livre do VE em coração normal (a) e na condição de isquemia-lesão (b). À esquerda (a) coração normal ativado (dipolos), registrado pelo eletrodo epicárdico gerando o respectivo complexo QRS e T. À direita (coração isquêmico), na situação de repouso (b1): origina diferença de potencial entre a zona comprometida (menos positiva - perda de K+) e o músculo sadio (positivo), gerando um vetor (VDL - vetor diastólico de lesão) cuja farpa volta-se para as positivities, como que fugindo da região comprometida. O eletrodo epicárdico registra, então, supradesnivelamento da linha de base (b1). com a ativação (b2): as regiões circunvizinhas despolarizam-se normalmente (carga negativa), porém a zona isquêmica o faz mais tardiamente (com atraso). Cria-se assim, entre elas, um vtro (VSL - vetor sistólico de lesão) que agora aponta para a área comprometida (menos positiva ±) fugindo do eletrodo epicárdico, determinando infradesnivelamento do segmento ST abaixo da linha de base original: - - - - -). A resultante (c) dos desníveis observados na diástole e sístole elétrica determina como consequência o infradesnivelamento do segmento ST no eletrocardiograma de superfície.

Instituto do Coração do Hospital das Clínicas - FMUSP  
Correspondência: William Azem Chalela  
INCOR - Av Dr. Enéas C Aguiar 44  
05403 São Paulo, SP  
Recebido para publicação em 4/2/92  
Aceito em 31/3/92

Teste “verdadeiro-negativo” (VN) - teste normal (ou negativo) na vigência de coronárias normais. Teste “falso-negativo”(FN) - teste negativo em pacientes com coronárias anormais.

Neste contexto, teste anormal refere-se apenas aos desníveis do segmento ST e é habitualmente denominado de teste positivo ou resposta isquêmica do miocárdio.

O conceito de doença coronariana refere-se à presença de obstrução do lúmen da coronária igual ou superior a 50%, visualizada pela coronariografia.

**Falso-positivo** - tendo cinecoronariografia como base de comparação, os testes de esforço “falso-positivos” (fig. 2) ocorrem numa média de 10 a 20% dos indivíduos submetidos a esta prova, com uma variação de 0 a 63% nos diversos estudos<sup>7,8</sup>.

Coronariopatia obstrutiva não é necessariamente sinônimo de doença isquêmica do coração, por outro lado, o infradesnivelamento do segmento ST, pode ou não ser expressão de isquemia miocárdica e, em hipótese alguma, reflete obrigatoriamente as condições anatômicas relacionadas à perfusão miocárdica.

A freqüência de ocorrência destes achados varia em função da prevalência da doença sobre a população em estudo (teorema de Bayes<sup>9</sup>), do tipo de protocolo utilizado, dos critérios eletrocardiográficos de positividade, além de vários outros fatores. Pode-se reduzir significativamente a freqüência destes resultados se critérios eletrocardiográficos mais rigorosos forem utilizados, o que, por outro lado, reduz a sensibilidade do método. Se aceitarmos 0,5 mm de desnivelamentos do segmento ST ao invés de

1,00 mm, obviamente haverá maior número de “falso-positivos”.

Conhecendo a prevalência da DAC numa população, poder-se-á determinar o valor preditivo e negativo do TE, de acordo com o teorema de Bayes<sup>9</sup>. Por exemplo, um indivíduo americano, de 50 anos de idade, tem a probabilidade pré-teste de apresentar DAC em 5%, quando assintomático, e de 20% se referir precordialgia atípica. Esperando uma sensibilidade de 60% e especificidade de 85% ao teste ergométrico, a probabilidade pós teste de apresentar DAC será de 17% para o assintomático e de 48% para o portador de angina atípica, ambos com resultados positivos. A chance destas alterações não estar relacionada à DAC é de 83% no primeiro caso e de 52% no segundo. Portanto, espera-se um número maior de resultados falso-positivos quando se testa uma população em que exista baixa prevalência da doença em estudo.

O teorema de Bayes<sup>9</sup> nos ensina que o valor preditivo, que nos fornece a probabilidade de um teste anormal ou normal ser verdadeiro, está diretamente relacionado à prevalência da doença na população estudada e depende das características do teste, ou seja, da sensibilidade e especificidade do mesmo.

É fundamental lembrarmos que nenhum desses dados estão atualmente disponíveis no diagnóstico da isquemia miocárdica per se, portanto não nos autoriza a dar credibilidade na comparação de ST x cinecoronariografia.

Existe uma série de eventos mecânicos, eletrofisiológicos e metabólicos que podem levar a desnivelamento do segmento ST ao esforço: freqüên-

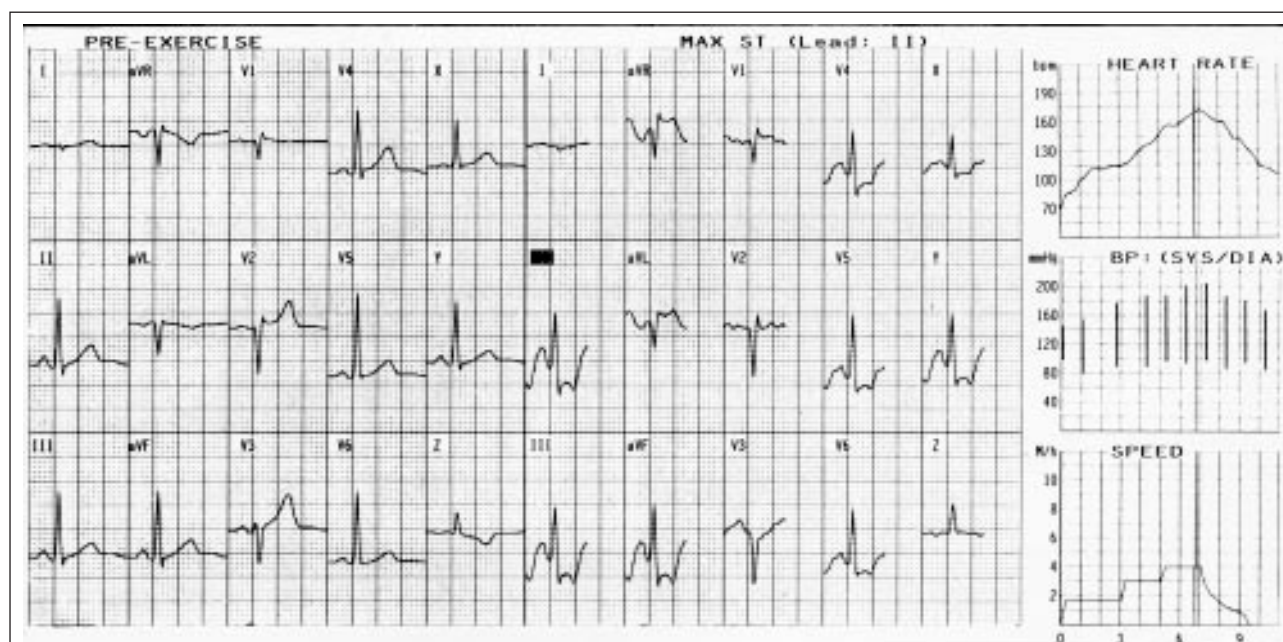


Fig. 2 - Teste de esforço positivo. Paciente portador de prolapso de valva mitral e coronariografia normal.

cia cardíaca aumentada e diástole diminuída; efeito de catecolaminas, do trabalho muscular, com o aumento da resistência periférica e do volume diastólico; retorno venoso aumentado ou volume diastólico aumentado, tendo como efeito a diminuição do fluxo coronário total ou hipóxia relativa da célula miocárdica ou aumento da pressão diastólica final do ventrículo esquerdo, podem

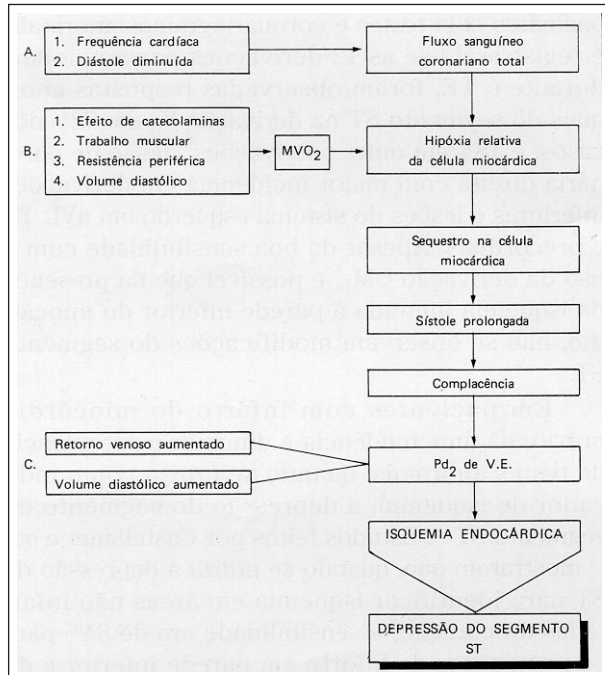


Fig. 3 - Fatores que podem levar ao infradesnívelamento do segmento ST.

exteriorizar-se com a depressão do segmento ST (fig. 3) ao exercício.

As principais patologias ou condições que podem resultar em testes positivos na ausência de DAC, constam no quadro I.

Ellestad e col<sup>10</sup>, em uma análise de 95 pacientes que apresentaram TE considerados “falso-positivos” para DAC, por comprovação cinecoronariográfica, encontrou uma incidência de doenças cardiovasculares, fora a coronariana aterosclerótica, de 86%, sendo as mais frequentes as miocardiopatias (22%) e a hipertensão arterial sistêmica (20%). Apenas 14% dos indivíduos não tiveram evidências de qualquer anormalidade no aparelho cardiovascular.

**Falso-negativo** - utilizando-se a coronariografia como padrão de comparação, os testes de esforço falso-negativos (fig. 4) ocorrem com uma grande incidência, que varia de 12 a 72% nos diversos estudos<sup>7</sup>, sendo ao redor dos 25% nos pacientes com coronariopatia obstrutiva significativa e com esforços submáximos.

O número de testes “falso-negativos” aumentará principalmente nas seguintes condições: reduzindo a intensidade do esforço aplicado, aumentando a amplitude da depressão do segmento ST que se requer como critério de positividade, pequena expressividade da massa miocárdica isquêmica, número insuficiente de derivações, presença de infarto do miocárdio prévio, lesões coronarianas subcríticas

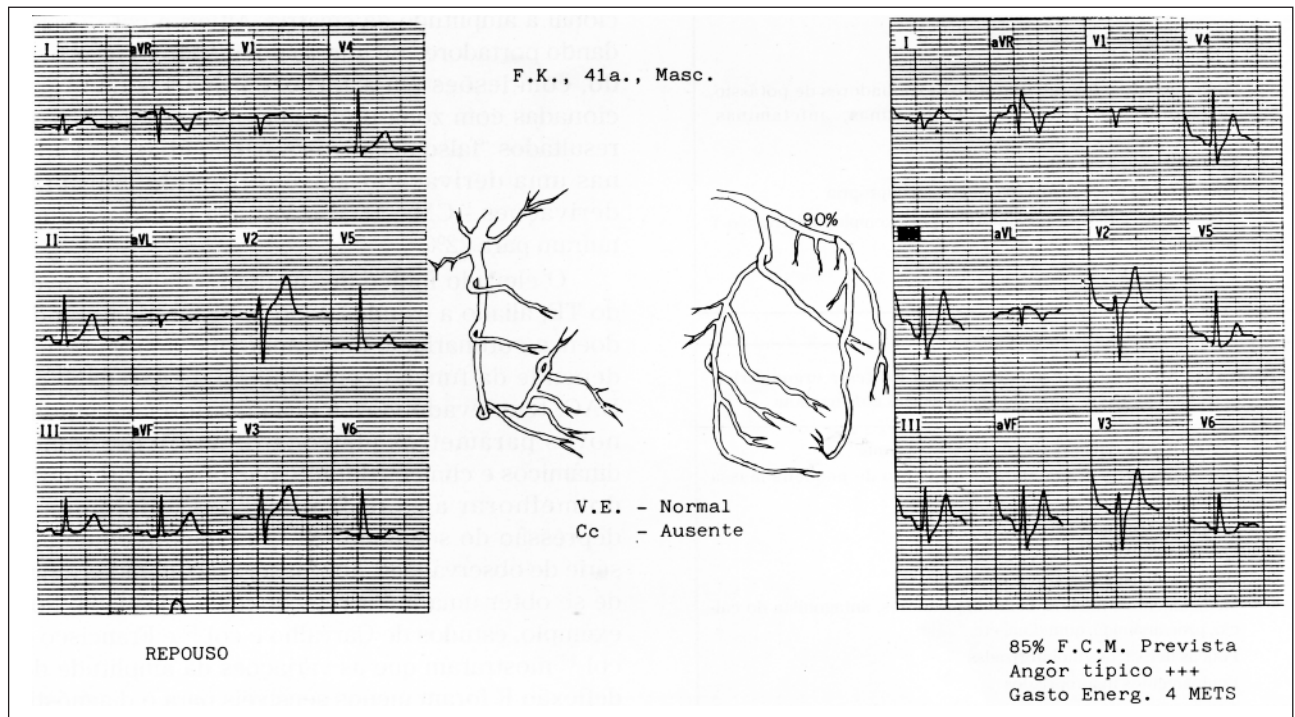


Fig. 4 - Resposta eletrocardiográfica normal ao exercício isotônico, em portador de lesão crítica coronariana (uniarterial)

(menor que 70%) e/ou em um vaso e/ou mais distais, ocorrência de balanceamento vetorial, interação de drogas. As principais condições que podem resultar em testes ergométricos “falso-negativos”, para DAC, encontram-se na quadro II.

Mesmo com a existência de coronariopatia significativa, a isquemia não necessariamente ocorre durante o exercício. Isto é perfeitamente compreensível, uma vez que o aumento das ocorrências de testes ergométricos positivos aumenta com a gravidade e a extensão da coronariopatia. É descrita uma sensibilidade<sup>11</sup> de 70 a 80% para os portadores de lesões graves em dois ou três vasos, caindo para 50 a 60% quando ocorrer obstrução isolada e significativa. Assim, deve-se aceitar pelo menos 40% de resposta falso-negativa quando se usa apenas um segmento ST como único indicador da isquemia miocárdica,

para os portadores de coronariopatia significativa em um único vaso.

Vários laboratórios de ergometria utilizam somente uma derivação para monitorização e registro eletrocardiográfico, a bipolar  $CM_5$ , em que se observa melhor sensibilidade para se detectar alterações eletrocardiográficas em pacientes sabidamente portadores de isquemia. Em estudos de Robertson e col<sup>8</sup>, onde foram analisados 39 pacientes com testes e coronariogramas anormais, e registraram-se as 12 derivações convencionais durante o TE, foram observadas respostas anormais do segmento ST na derivação  $V_5$  em 72% dos casos, e 18% em outras derivações - lesão de coronária direita com maior incidência em derivações inferiores e lesões do sistema esquerdo em aVL,  $D_1$  e precordiais. Apesar da boa sensibilidade com o uso da derivação  $CM_5$ , é possível que na presença da isquemia limitada à parede inferior do miocárdio, não se observem modificações do segmento ST.

Em pacientes com infarto do miocárdio prévio, há uma tendência a diminuir a prevalência de testes anormais, quando se utiliza como indicador de isquemia, a depressão do segmento do segmento ST<sup>12</sup>. Estudos feitos por Castellanet e col<sup>13</sup> mostraram que, quando se utiliza a depressão de ST para identificar isquemia em áreas não infartadas do coração, a sensibilidade era de 84% para os portadores de infarto em parede inferior e de 33% na presença de cicatriz ampla em parede anterior. Nos casos de infarto em parede anterior, a fidedignidade do exame é inversamente proporcional à amplitude da cicatriz. Alfieri e col<sup>14</sup>, estudando portadores de infarto do miocárdio cicatrizado, com lesões em artérias coronárias não relacionadas com zona fibrosada, observaram 48% de resultados “falso-negativos” quando utilizaram apenas uma derivação  $CM_5$ , e utilizando múltiplas derivações -  $CM_5$ ,  $D_2M$  e  $V_2$  - estas cifras diminuíram para 22%.

O elevado índice de resultados falsos através do TE, aliado a estudos sobre a história natural da doença coronariana, mostrando que o prognóstico depende da função ventricular e da extensão da DAC, tem levado vários pesquisadores a estudar novos parâmetros eletrocardiográficos, hemodinâmicos e clínicos durante o exercício, procurando melhorar a exatidão do TE. É óbvio que a depressão do segmento ST, juntamente com uma série de observações, devam ser consideradas a fim de se obter uma interpretação mais adequada. Por exemplo, estudos de Carvalho e col<sup>15</sup> Francisco e col<sup>16</sup> mostraram que as variações da amplitude de deflexão R foram menos sensíveis para o diagnóstico da lesão coronariana e menos específicas para a

**Quadro I - Situações que podem resultar em teste ergométrico “falso-positivo” para a doença arterial coronariana**

<p>Doença cardíaca valvular Doença cardíaca congênita Cardiomiopatia Pericardite Miocardite Hipertensão arterial sistêmica Hipertrofia ventricular esquerda (inclusive a fisiológica do atleta) Duplo produto elevado Bloqueio de ramo Síndrome de Wolff-Parkinson-White Variantes da síndrome de pré-excitação Prolapso de válvula mitral Anormalidades eletrolíticas - hipopotassemia Anemia severa Anormalidade vaso reguladora Repolarização anormal pós-ventilação Medicamentos: digital, diuréticos expoliadores de potássio, antidepressivos tricíclicos, fenotiazinas, anfetaminas, estrogênios, etc. Exercícios intensos e de forma súbita Equipamento inadequado, interpretação imprópria Sistemas de derivações impróprios (por exemplo, a derivação Y de Frank) Critérios incorretos</p>
--

**Quadro II - Situações que podem resultar em teste ergométrico “falso-negativo” para doença arterial coronariana**

<p>Lesões coronarianas que não causam isquemia Coronariopatia com comprometimento de pequena massa miocárdica. Infarto do miocárdio prévio Pacientes sob treinamento físico Bloqueio divisional anterior esquerdo Medicamentos: nitritos, beta-bloqueadores, antagonista do cálcio, procainamida quinidina, etc. Poucas derivações monitorizadas Equipamentos inapropriados Testes ergométricos insuficientes, inadequados</p>
--

identificação de indivíduos normais, se comparadas com a depressão do segmento ST; por outro lado, o aumento de sua amplitude ao exercício foi mais sensível e menos específica do que a depressão ST nas anormalidades da contração do ventrículo esquerdo.

Morales-Ballejo e col<sup>17</sup>, estudando o valor prognóstico da onda Q em exercício, observaram que o aumento da amplitude de Q durante o exercício identificou resultados falso-positivos em relação ao segmento ST em 75% dos casos, e a ausência deste fenômeno na derivação CM<sub>5</sub>, associada à depressão ST, identificou resultados verdadeiro-positivos, em 100% dos casos, demonstrando sensibilidade, especificidade e valor preditivo de 82, 88 e 87%, respectivamente.

Assim como estes estudos, existem vários outros como o intervalo Q-T<sup>11,18,19</sup>, relação QX/QT<sup>20</sup>, intervalo J-X<sup>21</sup>, índice ST<sup>22</sup>, integral de ST<sup>23,25</sup> e outros que tiveram o intuito de prever melhor o resultado da prova ergométrica.

A análise multifatorial dos parâmetros eletrocardiográficos, hemodinâmicos e clínicos obtidos através do TE, tem sido sugerida para prever a presença ou não da DAC, pois vários estudos têm demonstrado que além das alterações do segmento ST, existem vários outros fatores que também podem ser mensurados e possuem valores preditivos tanto para diagnosticar como prognosticar a DAC. Um dos primeiros estudos publicados foi o de Ellestad e col<sup>10</sup>, já em 1977.

Não podemos desprezar a experiência de vários autores até agora acumulada, mostrando que, na maioria das vezes, as alterações eletrocardiográficas são acompanhadas de cardiopatias subjacentes, portanto, a investigação diagnóstica deve continuar, mesmo nos pacientes assintomáticos. Baseados nestes dados, vários algoritmos foram construídos para avaliação dos indivíduos assintomáticos com TE positivo (fig. 5).

Espera-se que os relatórios de um TE positivo ou negativo já estejam relegados ao passado, uma vez que já é sabido serem absolutamente insuficientes e, portanto, devem ser abolidos. Considerar teste “negativo” na falta de alterações do segmento ST, quando existem fenômenos de precordialgia, dispnéia objetiva e desproporcional ao grau de esforço aplicado, com hipotensão arterial intraesforço ou, “positivo” num indivíduo jovem, com “click” mesossistólico, sopro telessistólico e infradesnívelamento do segmento ST, seriam imperdoáveis falhas do observador.

Bruce<sup>26</sup>, em 1974, já chamava a atenção para o fenômeno, afirmando que o “infradesnívelamento do segmento ST traduz, principalmente, mas não necessariamente, desequilíbrio metabólico entre a ofer-

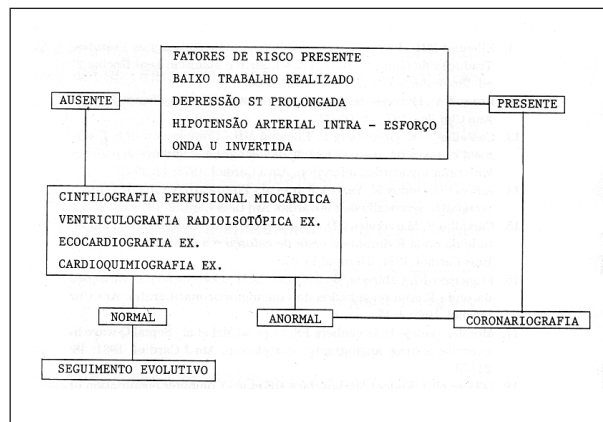


fig. 5 - Estratégia sugerida para avaliação de pacientes assintomáticos com teste de esforço positivo. Ex. - exercício isotônico.

ta e a demanda de oxigênio em nível celular” e concluiu “a maior causa de erro no emprego da eletrocardiografia de esforço... é que apenas as alterações do segmento ST servem de base para decisões médicas e administrativas”.

A isquemia miocárdica nem sempre se traduz por alterações eletrocardiográficas do segmento ST e elas, quando presentes, nem sempre são de natureza isquêmica.

O TE deve ser compreendido como um fator de risco que, associado ao quadro clínico e a outros fatores de risco, ajudaria a definir a conduta clínica.

## Referências

1. Gorlin R - Angiographic coronary artery findings in patients with typical angina relative to those with myocardial infarction and those suspect disease only In: Maseri A, Klassen GA, Lesch M eds - Primary and Secondary Angina Pectoris. 2ª ed. New York, Grune & Stratton, 1978: 71.
2. Baroldi G, Mariani F, Falzi G - Degree of coronary artery obstruction at autopsy in patients with coronary heart disease compared with “control” population. In: Maseri A, Klassen GA, Lesch M, eds. Primary and Secondary Angina Pectoris. 2ª ed. New York, Grune & Stratton, 1978:57.
3. McGill HC, Arias-Stella J, Carbonell LM et al - General findings of the International Atherosclerosis Project. Lab Invest, 1968; 18: 498.
4. Enos NF Jr, Beyer JC, Holmes RH Pathogenesis of coronary disease in American soldiers killed in Korea. JAMA, 1955; 158: 912.
5. Yater WM, Welsh PP, Stapleton JF, Clark ML - Comparison of clinical and pathologic of aspects coronary artery disease in men of various age groups: a study of 950 autopsied cases from the Armed Forces Institute of Pathology. Ann Intern Med. 1951; 34: 352.
6. Brito AHX - Teste ergométrico: sobre falso-positivos e falso negativos. Arq Bras Cardiol, 1982; 39:1-3.
7. Redwood DR, Epstein SE - Issues and limitations of stress testing in the evaluation of ischemic heart disease. Circulation, 1972; 46: 1111-531.
8. Borer JS, Brensike JF, Redwood DR et al - Limitations of electrocardiographic response to exercise in predicting coronary-artery disease. N Engl J Med, 1975; 293: 367-71.
9. Berman DS, Rozanski A, Kndoe SB The detection of silent ischemia - cautions and precautions. Circulation, 1987; 75: 101-5.
10. Ellestad MH, Savitz S, Bergdall D et al The false positive stress test multivariate analysis of 215 subjects with hemodynamic, angiographic and clinic al data. Am J Cardiol, 1977; 40: 681-5.

11. Ellestad MH - Prova de esforço. Princípios e Aplicações Práticas, Tradução de Gilberto Marcondes Duarte e Maurício Leal Rocha 2ª ed. Rio de Janeiro, Cultura Médica, 1984.
12. Bruce RA - Exercise testing of patients with coronary heart disease. *Ann Clin Res*, 1971; 3: 323-32.
13. Castellanel M, Greenberg P, Ellestad MH - Comparison of S-T segment changes on exercise testing of angiographic findings in patients with prior myocardial infarction. *Am J Cardiol*, 1978; 42: 29-35.
14. Alfieri RG, Godoy M, Yazbek P Jr et al - Eletrocardiografia de esforço no infarto cicatrizado do miocárdio. *Arq Bras Cardiol*, 1978; 31: 262.
15. Carvalho F, Marcondes GD, Cabizuca SV et al - Correlação da amplitude da onda R durante o teste de esforço e a coronariografia. *Arq Bras Cardiol*, 1981; 37(suppl 1): 95.
16. Francisco JC, Cabizuca SV, Anselmo LCE - Correlação das variações da onda R com os achados da cineangiocoronariografia. *Ars Cur Cardiol*, 1982; 4:17.
17. Morales-Ballejo H, Greenberg PS, Ellestad MH et al - Septal Q wave in exercise testing: angiographic correlation. *Am J Cardiol*, 1981; 48: 247-51.
18. O'Donnell J, Kndoel SB, Lovelace DE et al - Computer quantitation of Q-T and terminal T wave (aT-eT) intervals during exercise: methodology and results in normal men. *Am J Cardiol*, 1981; 47: 1168-72.
19. O'Donnell J, Kndoel SB, Lovelace DE et al - Behavior of the terminal T wave during exercise in normal subjects patients with symptomatic coronary artery disease and apparently healthy subjects with a normal ST segment depression. *J Am Coll Cardiol*, 1985; 5: 78-84.
20. Lepschkin E, Surawicz B - Characteristics of true-positive and falsepositive results of electrocardiographic exercise tests. *N Engl J Med*. 1958; 258:511.
21. Sousa JEMR, Jatene AD - III Simpósio Internacional sobre Aterosclerose Coronária. São Paulo, Ayerst, 1975: 188.
22. McHenry PL, Phillips JF, Kndoel SB - Correlation of computer-quantitated treadmill exercise electrocardiogram with arteriographic location of coronary artery disease. *Am J Cardiol*, 1972; 30: 747-52.
23. Sheffield LT, Holt TH, Lester RM et al - On line analysis on the exercise electrocardiogram. *Circulabon*, 1969; 40: 935-44.
24. Sketch MH, Mohinddin MS, Wair CK et al - Automated and normographic analysis of exercise test. *JAMA*, 1980; 243: 1052.
25. Forlini FJ, Cohn K, Jangston MS - ST segment isolation and quantification as a means of improving diagnostic accuracy in treadmill stress testing. *Am Heart J*. 1975; 90: 431-8.
26. Bruce RA - Valva and limitations of exercise electrocardiography. *Circulation*, 1974; 50:1-3.