

## ASPECTOS DO TESTE DE ESFORÇO NA CARDIOPATIA ISQUÊMICA

ROBERTO GUIMARÃES ALFIERI, PAULO MOFFA  
São Paulo, SP

O teste de esforço (TE) tornou-se método não invasivo de mais larga aplicação para avaliação funcional coronariana, associado a reprodutibilidade, sensibilidade e especificidade expressivas<sup>1-3</sup>.

O TE reflete, antes de tudo, análise de aspectos metabólicos e eletromecânicos do miocárdio, e de maneira indireta, informações da anatomia cardíaca constituem objetivo primordial do TE. Entretanto, os resultados obtidos ressaltam a correlação existente entre alterações anatômicas e grau de resposta isquêmica na ergometria, principalmente se a sua interpretação baseia-se em análise multifatorial das variáveis obtida durante o exercício<sup>3-4</sup>.

Admite-se relação direta e significativa entre o desenvolvimento de angina de peito, infarto do miocárdio ou mesmo morte súbita e a quantificação da resposta isquêmica através da magnitude do desenvolvimento do segmento ST no TE<sup>4-6</sup>.

O TE é realizado segundo o princípio de Fick, em que o consumo de oxigênio ( $VO_2$ ) é proporcional ao débito cardíaco (DC) e a extração periférica de oxigênio, ou seja, a diferença artério-venosa:  $VO_{2max} = DC_{max} \times Dif\ A-V$ .

Durante o exercício, no indivíduo sem insuficiência cardíaca, o  $VO_2$  máximo é praticamente função do DC, pois a extração periférica de  $O_2$  torna-se máxima.

O  $VO_2$  máximo é facilmente atingido durante o TE, na bicicleta ergométrica, em função da carga de trabalho externo—influenciado pelo peso corpóreo—e da frequência cardíaca, e na esteira rolante em função do tempo do exercício tolerado. Portanto, condições que reduzem o DC ao exercício podem-se associar a tolerância baixa do esforço com queda do  $VO_2$  máximo<sup>2</sup>.

O TE aplica-se não somente ao diagnóstico de modo isolado ou associado à cintilografia miocárdica, por exemplo na localização e extensão de áreas isquêmicas, como também a programas de condicionamento físico e de medicina esportiva.

A metabolização de uma molécula de glicose processa-se em duas fases distintas em presença de disponibilidade normal de oxigênio em nível celular: a) fase aeróbica, em que o ácido pirúvico é oxidado através do ciclo de Krebs na mitocôndria celular resultando  $O_2$ ,  $H_2O$  e 38 moléculas de ATP; b) fase anaeróbica, em que a molécula de glicose transforma-se em ácido pirúvico, com a produção de duas moléculas de ATP<sup>25</sup>.

Nas fibras musculares, a interação entre as proteínas contráteis (actina e miosina) faz-se em presença de ATP e de cálcio.

Em casos de hipóxia ou de isquemia da fibra miocárdica, a disponibilidade insatisfatória de  $O_2$  determina o processamento do metabolismo celular em nível anaeróbico. Como consequência, há transformação de ácido pirúvico em ácido láctico—que se acumula no plasma—e redução drástica de 38 para duas moléculas de ATP para cada molécula de glicose.

Admite-se que reduções de 50% da reserva celular de ATP determina necrose celular. No caso específico do miocárdio resulta o comprometimento e propriedades fundamentais como o cronotropismo e o inotropismo.

Assim, inadequações em relação à da FC esperada durante o TE devem ser interpretadas mais como índice de reserva cronotrópica do que como meta para a interrupção do exame. Contudo, variações de 10 a 15 batimentos por minuto (bpm) em relação ao valor máximo esperado não deverão ser interpretados como diminuição da capacidade cronotrópica.

Portanto, a verificação da queda da reserva cronotrópica no decorrer do TE—em ausência de influência medicamentosa—deve ser interpretada como fator na previsão de evento coronário, mesmo em ausência de desnivelamento do segmento ST.

As variações da pressão arterial sistólica durante TE representam dado hemodinâmico que refletem de forma indireta, a função contrátil do ventrículo esquerdo através de variações primárias do débito sistólico. Contudo, é importante ter em mente que elas são dependentes de possíveis modificações da resistência periférica.

Níveis de 220 mmHg de PA sistólica são considerados como valores máximo durante o TE,

Instituto do Coração do Hospital das Clínicas—FMUSP.

Correspondência: Roberto G. Alfieri—Instituto do Coração—Av. Dr. Enéas C Aguiar, 44—05403—São Paulo, SP.

cifras maiores caracterizam padrão hiper-reativo, possível forma latente de hipertensão arterial sistêmica.

A ausência de elevação ou mesmo queda do PA sistólica durante a TE indica habitualmente, diminuição contrátil do ventrículo esquerdo, principalmente em presença de dor precordial e de alterações do segmento ST<sup>7-9</sup>.

A interpretação das variações da PA sistólica em mulheres exige, contudo, cautela. Esta salvaguarda fundamenta-se na tendência a maior grau de vasodilatação periférica durante o exercício, em relação aos homens, não refletindo diminuição da capacidade contrátil do ventrículo esquerdo<sup>1,10</sup>.

### Valor preditivo do Teste de Esforço na população geral

O TE por se constituir método incruento e de provado valor no diagnóstico clínico da cardiopatia isquêmica, habitualmente precede o conhecimento dos dados de cinecoronariocardiografia; o melhor procedimento indiscutivelmente para identificar a doença coronária. As informações fornecidas pelos dois métodos, qualitativamente diferentes são complementares.

Para se obter dados diagnósticos e prognósticos pelo TE, frente à doença aterosclerótica coronária obstrutiva, deve-se ter em mente alguns conceitos.

Demonstrou-se, através do teorema de Bayes, que a probabilidade—dita pré-teste—de ocorrer uma determinada enfermidade influencia significativamente o valor da previsão de um teste ou método diagnóstico<sup>1</sup>.

A aplicação de TE a paciente com suspeita de cardiopatia isquêmica, permite ajustar o grau de probabilidade—agora dita pós-teste—de haver isquemia miocárdica suspeitada.

A sensibilidade e especificidade do TE dependerá, fundamentalmente, dos critérios utilizados em sua interpretação.

Apesar do entusiasmo pelo TE, temos procurado manter uma visão crítica em relação ao seu valor e a suas limitações, baseados na experiência adquirida em vários anos.

Neste contexto, o TE contribuiu para que decisões terapêuticas resultem melhor fundamentadas na integração das probabilidades pré e pós-teste.

### Protocolo de Teste de Esforço

A interpretação da resposta imediata à atividade

de física depende basicamente da intensidade da carga aplicada segundo determinada padronização.

Os objetivos demandam número mínimo de protocolos, adaptáveis às situações clínicas.

Cicloergômetro e esteira rolante são os ergômetros — instrumentos que permitem medir a potência e o trabalho — habitualmente utilizados.

### Protocolo em Cicloergômetro

A posição sentada e a manutenção do tórax em posição fixa possibilitam, mesmo em exercício, não só a obtenção de traçados de boa qualidade, como também curva fidedigna da pressão arterial sistêmica.

O consumo máximo de oxigênio é medido através do nomograma de Astrand-Ryhming<sup>11</sup> modificada para aplicação em população brasileira.

A limitação do TE em cicloergômetro restringe-se a cansaço em membros inferiores, o que pode prejudicar atingir frequência cardíaca máxima prevista para a idade.

### Protocolo em Esteira Rolante

A esteira rolante simula a grande maioria das atividades físicas. Ela permite TE máximo, mais condizente com a realidade da condição aeróbica e anaeróbica geral, pelo maior envolvimento muscular.

A esteira traz a vantagem de permitir adaptação mais adequada às condições físicas individuais em cada faixa de idade.

No Instituto do Coração (InCor), utilizam-se basicamente dois protocolos: 1. Ellestad—de forma rotineira e diagnóstica; 2. Naughton modificado—em condições especiais, tais como TE precoce em pacientes com infarto do miocárdio e em ICC.

Nos TE máximos, os pacientes são exercitados até a exustão ou até 100% de sua capacidade aeróbica máxima utilizando-se a fórmula de Lenge Andersen et al: FC máxima = 210-idade.

Nos TE submáximos atingem-se 85% da capacidade aeróbica máxima: FS submáxima = 195-idade.

Para melhor facilidade na comparação entre os protocolos em esteira, convencionou-se expressar gasto energético em termos de equivalente metabólico (MET), sendo que um MET corresponde a ener-

gia de consumo de O<sub>2</sub> igual a 3,5 ml/kg/min em condições de repouso<sup>1</sup>.

### Registro Eletrocardiográfico

A derivação fundamental em todo protocolo de TE é o bipolar precordial. CMs, indubitavelmente, a mais sensível e de mais fácil registro com o indivíduo em movimento.

Além desta, utilizamos de rotina pelo menos as derivações D<sub>2</sub> modificada (D<sub>2</sub>M) e a derivação V<sub>2</sub>, unipolar precordial, idêntica à obtida na eletrocardiografia clássica<sup>1</sup>.

A aplicação mais importante das múltiplas derivações está na localização da região isquêmica.

Atualmente, temos empregado TE computadorizado com 12 derivações simultâneas associado ao sistema ortogonal (X, Y, Z) no laboratório de ergometria do InCor.

Este método eleva tanto a sensibilidade do TE—pela multiplicidade das derivações; ao mesmo tempo com a especificidade—pelos recursos de filtragem—que torna mais ágil execução e interpretação.

### Objetivos do TE

Os objetivos fundamentais do TE são: a) avaliação de pacientes com sintomas definidos, determinando grau da resposta isquêmica, sua localização, grau de comprometimento ventricular e grau do trabalho desenvolvido; b) avaliação de pacientes com sintomas atípicos com padrão eletrocardiográfico normal; c) avaliação de pacientes assintomáticos e eletrocardiograma normal em repouso, pela possibilidade da isquemia miocárdica silenciosa; d) avaliação de pacientes assintomáticos com eletrocardiograma sugerindo isquemia em repouso; e) avaliação prévia de pacientes candidatos a revascularização miocárdica e à angioplastia transluminal coronária, como termo de comparação futura; f) avaliação da eficácia terapêutica de drogas antianginosas; g) avaliação de populações com fins epidemiológicos.

Os objetivos podem ser alcançados com o TE isoladamente ou em associação a outros métodos complementares, tais como a cintilografia miocárdica com tálio, ecocardiograma de esforço e ventriculografia radioisotópica.

### Contra-indicações:

O exercício realizado durante o TE pode provocar complicações, por vezes graves.

O conhecimento de contra-indicações absolutas e relativas torna-se fundamental para minimizá-las, e principalmente, evitar a mortalidade (quadro I e II).

#### QUADRO I — Contra-indicações absolutas.

1. Infarto agudo do miocárdio com má evolução
2. Angina instável
3. Insuficiência cardíaca descompensada
4. Miocardite ou pericardite agudas
5. Arritmia atrial e ventricular de alta frequência
6. Tromboflebite ativa
7. Fenômeno embólico recente
8. Hipertireoidismo
9. Anemia severa
10. Aneurisma ventricular importante

#### QUADRO II — Contra-indicações relativas

1. Estenose aórtica valvar
2. Hipertensão arterial sistêmica com níveis de pressão diastólica de 120 a 140 mmHg
3. Insuficiência respiratória
4. Arritmia supraventricular não controlada
5. Marca-passo de frequência fixa
6. Cardiomegalia importante

### Prevenção das Complicações

A disponibilidade de pessoal habilitado e de equipamentos para eventuais emergências é imprescindível<sup>3,4</sup>.

A prevenção de complicação inicia-se na orientação prévia. Desta forma, recomendam-se: a) repouso habitual na noite que antecede o TE; b) abstenção de qualquer atividade física por 24 horas da realização do TE.

Por ocasião da aplicação do TE, exigem-se: a) anamnese e informações clínicas; b) diálogo constante com o paciente; c) alimentação de fácil digestão, duas horas antes do TE; d) atenção aos padrões do desnivelamento do segmento ST; e) interrupção do exercício se o paciente referir cansaço desproporcional; f) as auscultas cardíaca e pulmonar para identificação de eventuais sopros patológicos e ruídos adventícios pulmonares.

**Crítérios de Suspensão do TE**—1. Frequência cardíaca máxima teórica preconizada; 2. Angina de peito de moderada a severa intensidade; 3. Depressão do segmento ST de 3 mm ou mais; 4. Elevação do segmento ST de 3 mm ou mais, em ausência de zona inativa; 5. Sinais e sintomas de baixo fluxo cerebral; 6. Elevação da pressão arterial acima de 240 mmHg x 140 mmHg, em presença ou não de sintomas; 7. Cansaço físico importante desproporcional ao esforço.



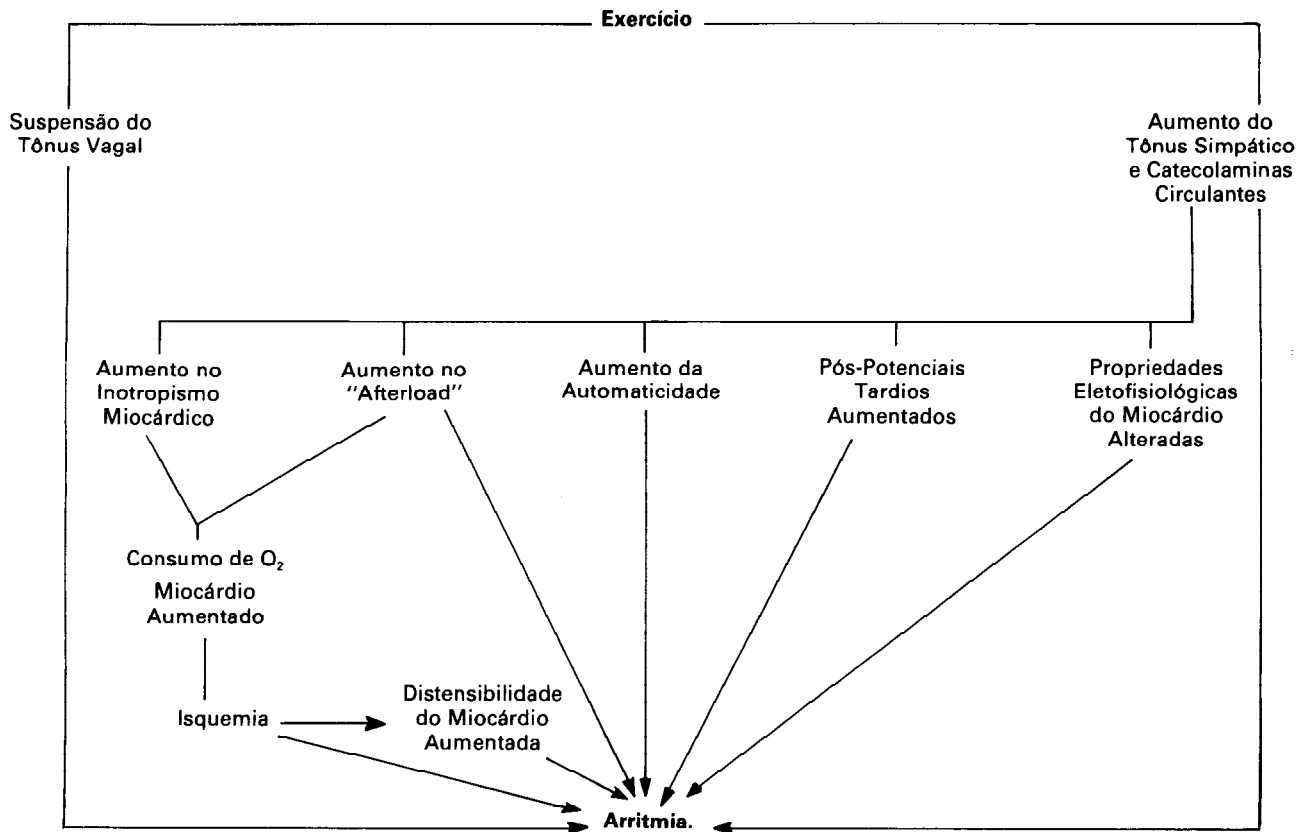


Fig. 2 - Alterações determinadas pelo exercício. Segundo Podrid e col<sup>14</sup>.

eventos cardíacos subsequentes. Contudo, se ocorrerem taquiarritmias ventriculares sustentadas e reproduzíveis torna-se necessária investigação para formas subclínicas de miocardiopatias ou de isquemia miocárdica silenciosa<sup>12</sup>.

### Reprodutibilidade das Arritmias Esforço-induzidas

Os distúrbios do ritmo cardíaco induzidos pelo exercício não apresentam grau de reprodutibilidade que seria de se esperar. Este fato tem importância prática quando se utiliza o TE para avaliar a resposta terapêutica de agentes antiarrítmicos.

Atualmente temos utilizado o sistema Holter acoplado ao TE, quando se admite maior risco de morte súbita, especialmente em pacientes que apresentam arritmias ventriculares detectadas em ambos os métodos.

### Fatores Associados que Aumentam a Especificidade do TE

**Magnitude de alteração isquêmica**—a magnitude da depressão do segmento ST expressa, com fre-

quência, os diferentes graus de isquemia miocárdica. A correlação mostra-se mais sensível em indivíduos do sexo masculino.

Assim sendo, desníveis mais acentuados do segmento ST sugerem maior número de gravidade de lesões coronárias<sup>34</sup>.

**Morfologia do segmento ST**—valoriza-se mais o infradesnível do segmento quando de aspecto descendente, menos o de horizontal, e ainda menos o de ascendente. Em casos de real coronariopatia, o infradesnível ascendente correlaciona-se, com frequência, a menor número e grau de lesões coronárias, enquanto que aquele horizontal ou descendente aparece predominantemente em caso de maior gravidade da doença. Esta correlação é válida não somente para diagnóstico, como também para prognóstico.

**Duração da depressão isquêmica**—a manutenção da depressão isquêmica na fase de recuperação indica maior gravidade da lesão e/ou comprometimento da função ventricular esquerda mais acentuada.

**Precocidade de aparecimento da depressão isquêmica**—quanto mais precoce no desenvolvimento do TE, maior o número e o grau de lesão a se supor nas artérias coronárias.

**Supradesnível do segmento ST**—indica lesão crítica proximal em artéria descendente anterior, excluídos os com hipertrofia miocárdica acentuada. Contudo, em presença de infarto do miocárdio progressivo de parede anterior, o achado corresponde mais habitualmente a presença de área de discinesia comprometida.

**Aumento da amplitude da deflexão da onda R**—foi identificado durante o esforço em apenas 17% de 183 indivíduos normais por nós analisados, demonstrando que, sua presença contribui em associação com outros parâmetros isquêmicos para aumentar a sensibilidade do TE<sup>13</sup>.

Deve-se frisar, entretanto, que atinge 40-50% o percentual de pacientes com coronariopatia obstrutiva que apresenta a resposta considerada normal de diminuição da amplitude da deflexão da onda R durante o TE. Quando o aumento da amplitude de R aparece associado a evidente depressão isquêmica no TE, deve-se admitir a existência de maior gravidade das lesões arteriais<sup>13,14</sup>.

**Amplitude da deflexão Q**—à medida que aumenta a frequência cardíaca, aumenta a amplitude da deflexão Q pela maior ativação da região septal durante o TE.

Morales-Ballejo e col<sup>15</sup> admitem boa correlação entre a diminuição da amplitude da deflexão Q e isquemia induzida ao TE, por lesão da artéria descendente anterior. Admitem que o desnível do segmento ST associado, relaciona-se a verdadeira resposta positiva, enquanto que se concomitante o aumento da deflexão Q pode corresponder a falsa resposta positiva.

**Inversão da onda U**—é incomum o aparecimento de inversão da onda U durante o TE, inclusive de difícil visualização. Caso ocorra, apresenta grau expressivo de especificidade para o diagnóstico de isquemia miocárdica<sup>15</sup>.

**Manifestações clínicas**—o aparecimento de angina de peito durante o TE é dado importante. Weiner e col<sup>17</sup>, verificaram que angina esforço-induzida é quase tão indicadora de isquemia, quanto as alterações do segmento ST, sendo ponto obrigatório a considerar na capacidade diagnóstica do TE.

Portanto, a ocorrência de alterações eletrocardiográficas durante o TE, associado a sintomas como angina de peito e dispnéia e a sinais clínicos de débito cardíaco diminuído, eleva de maneira significativa a especificidade do TE.

Estes dados, contudo, são de difícil interpretação quando analisados isoladamente.

**Resposta cardiovasculares** — as que favorecem a especificidade do TE estão representadas, es-

pecialmente pela baixa resposta da frequência cardíaca, da PA sistólica, do duplo produto (FC x PAS) e por mau desempenho físico, bem como pelo aumento da PA diastólica<sup>18,19</sup>.

**a) Baixa respostas cronotrópica**—sua ocorrência auxilia o diagnóstico de isquemia coronária. A evidência de baixa resposta da frequência cardíaca durante o TE, em indivíduos destreinados, em ausência de medicamento do tipo beta-bloqueador, quando associado à depressão isquêmica evidente, melhora a correlação diagnóstica.

**b) Resposta deprimida da pressão arterial sistólica**—sua análise contribui para melhorar a especificidade do TE.

**c) Resposta do duplo produto**—o produto da pressão arterial sistólica pela frequência cardíaca reflete o oxigênio consumido pelo miocárdio. É utilizado para análise comparativa de um mesmo indivíduo, para avaliação terapêutica medicamentosa, prescrição de exercício e de procedimento, tais como evolução da revascularização miocárdica. Por exemplo, em indivíduos anginosos os seus valores decrescem com o progredir do processo coronariano; no infartados, por outro lado, as cifras permanecem inalteradas em relação ao número de artérias lesadas, e no hipertensos ocorre nítida elevação.

**d) Desempenho físico**—constitui importante referência quando analisado em associação com os demais dados obtidos no TE<sup>2</sup>.

Vários autores enfatizam o seu valor prognóstico na cardiopatia isquêmica principalmente quando associados níveis de desempenho físico baixo a angina de peito, desnível do segmento ST e resposta cronotrópica deprimida.

**Considerações Gerais**—O TE é importante método não invasivo para diagnóstico e avaliação clínica em portadores de cardiopatia isquêmica.

Não se justifica atualmente a análise do TE apenas em relação ao segmento ST, exigindo considerações em relação às modificações da deflexão Q, R, associadas a sintomas de angina de peito, dispnéia, sinais clínicos de débito cardíaco diminuído, arritmias esforço-induzida e desempenho físico inadequado.

## REFERÊNCIAS

1. Ellestad MH—Prova de Esforço, 2ª. ed. Rio de Janeiro. Cultura Médica, 1984, p. 231-40.
2. Duarte GM—Ergometria. Rio de Janeiro. Cultura Médica, 1986, p. 246-62.
3. Alfieri RG, Moffa PH, ChalelaWA—Estado atual da eletrocardiografia de esforço Rev Bras Med Cardiologia, 1986; 5: 254-64.

4. Godoy M, Alfieri RG—Eletrocardiografia de esforço. In: Del Nero Jr. E—Semiologia Cardiológica não Invasiva. 1º ed. Rio de Janeiro. EPUME, 1979, p. 94.
5. Blmqvist CG—Exercise physiology: clinical aspects. In\* Wenger NK—Exercise and Heart. Philadelphia. F A Davis, 1978, p. 1-54.
6. Bruce DA—Exercise testing of patient with coronary heart disease. Ann Clin Res, 1971: 3: 323-8
7. Weiner DA—Exercise testing for diagnosis and severity of coronary disease. J Cardiac Rehab, 1981: 1: 438.
8. Hossack KF, Bruce RA—Maximal cardiac function in sedentary normal men and women. J Appl Physiol, 1982: 53:799.
9. Hossack KF—Respostas cardiovasculares ao exercício dinâmico. Clínicas Cardiológicas, Rio de Janeiro. Interlivros Edições, 1987, p. 150.
10. Podrid PJ—Exercise stress testing for exposure of arrhythmias. Circulation, 1987; 75 (suppl III): 60-4.
11. Astrand PO, Rodahl K—Textbook of Work Physiology, New York. McGraw-Hill, 1970, p. 343.
12. Chug EK—Exercise induced cardiac arrhythmias. In: Chung EK—Exercise Electrocardiography Practical Approach. Baltimore, William e Wilkins, 1971.
13. Alfieri RG, Godoy M, Solonano JA, Pereyra PLA et al — Valores diferenciais normais da deflexão R do eletrocardiograma durante o exercício. Arq Bras Cardiol, 1981:32 (supl 1): 93.
14. Meneghelo R9, Thom AF, Campos Neto J. Timerman A, Martins LRF, Feher J—Correlação entre as mudanças da onda R e a fração de ejeção do ventrículo esquerdo, calculada por isotopos radioativos, em repouso e no esforço. Arq Bras Cardiol, 1981 37 (suppl I): 93.
15. Morales-Ballejo H. Greenberg PS, Ellestad MH—Septal Q wave in exercise testing: angiographic correlation. Am J Cardiol, 1981 48: 247.
16. Lepeschkin E — Physiological bases of the W wave. In: Schlant R. Husrst JW — Advances in Eleetrocardiography. New York, Grune & Stratton, 1977 vl. 2, p. 33.
17. Weiner GM—Exercise testing for diagnosis and severity of coronary disease. J Cardiac Rehab, 1981 1: 438.
18. Solórzano JA, Godou M, Mancia Moran CA, Carvalho VB et al —Análise da frequência cardíaca, pressões arteriais e índice de tensão-tempo em exercício. Arq Bras Cardiol, 1978 31 (supl 2): 256.
19. Morris SN, Phillip JF, Jordan VW, McHenry PL—Incidence and significance of disease in systolic blood pressure during graded treadmill exercise testing. Am J Cardiol, 1978 41: 221.