

Eduardo Brunel Ludwig \*  
Belmonte Juarez Marroni \*  
Aloysio Cechela Achutti \*\*  
Osvaldo Estrella Anselmi \*\*\*  
Manoel Rabin\*\*\*\*

VENTRICULOGRAFIA RADIOISOTÓPICA  
EM REPOUSO E DURANTE ESFORÇO:  
VALORES NORMAIS

*A ventriculografia radioisotópica é uma técnica de medicina nuclear que vem sendo utilizada, particularmente no diagnóstico da doença coronária. A maior sensibilidade e especificidade desse método em relação à eletrocardiografia de esforço já foi estabelecida. Essa técnica avalia a função ventricular esquerda em repouso e durante esforço, a partir da administração de um traçado radioativo ( $^{99m}\text{Tc}$ - hemácia) que permanece no compartimento vascular.*

*Para melhor valorizar a resposta ventricular ao esforço nos pacientes com coronariopatia, foram determinados os valores normais em nosso serviço. Estudaram-se 20 voluntários, sem evidência clínica de cardiopatia, e com teste ergométrico normal. Todos submetem-se a um exercício adequado, (produto da frequência cardíaca pela pressão arterial sistólica superior a 25000) sendo obtida uma fração de ejeção média do ventrículo esquerdo em repouso de  $54,1 \pm 6,1\%$  e durante exercício, de  $65,6\% \pm 7,6\%$ . A variação com o esforço atingiu  $21,3\% \pm 8,9\%$ . Os resultados, no grupo masculino, estão em concordância com os apresentados por outros investigadores, os quais irão relatar um número significativo de estudos em mulheres. O grupo feminino apresentou valores da fração de ejeção significativamente inferiores aos dos homens-reposo ( $p < 0,05$ ) e esforço ( $p < 0,01$ ) sendo, no entanto, as variações percentuais entre os resultados de repouso e esforço similares (NS) entre os sexos.*

A partir de 1971, com o trabalho de Strauss<sup>1</sup>, iniciou-se o estudo da função ventricular com radioisótopos, empregando-se método similar ao atual. A utilização desse método diagnóstico foi avaliada da coronariopatia foi introduzida por Borer<sup>2</sup> em 1976. O incremento progressivo da tecnologia nos últimos anos traduziu-se por melhor resolução das imagens, maior previsão e diversificação das variáveis funcionais e, conseqüentemente, excelente reprodução e correlação com os dados obtidos na cinecoronariografia<sup>3-7</sup>.

Dentre os procedimentos não invasivos utilizados no estudo da isquemia miocárdica, ressalta-se o teste ergométrico, amplamente difundido, porém com sensibilidade insatisfatória, com número relativamente grande de falsos resultados positivos, principalmente nos grupos com baixa prevalência, e com várias situações que dificultam, ou mesmo impossibilitam, a interpretação do exame<sup>8-12</sup>.

Outra técnica, recentemente empregada na detecção de coronariopatia, utiliza  $^{201}\text{Tl}$  (cloreto de tálio) na obtenção de imagens da perfusão miocárdica, durante esforço e em repouso (redistribuição). Os estudos com tálio revelam sensibilidade similar à ventriculografia radioisotópica (80 e 95%), especificidade um pouco maior, tendo atualmente como inconveniente o alto preço do indicador<sup>13</sup>.

A cinecoronariografia é reconhecida como exame de referência por sua alta sensibilidade e especificidade. Entretanto, em decorrência dos riscos, tem sua indicação reservada a casos com alta probabilidade de coronariopatia.

A ventriculografia radioisotópica permite obter informações funcionais não só qualitativas como principalmente quantitativas. A análise quantitativa global e regional, extremamente útil no estudo evolutivo e na avaliação da resposta à terapia cirúrgica ou farmacológica, pode ser obtida através das seguintes variáveis:

Trabalho realizado no Hospital Universitário da PUC/RS (HUP).

\*Médico do Serviço de Medicina Nuclear do HUP.

\*\*Chefe do Serviço de Cardiologia do HUP.

\*\*\*Chefe do Serviço de Medicina Nuclear do HUP.

\*\*\*\*Médico do Serviço de Cardiologia do HUP.

fração de ejeção, ritmos de esvaziamento e enchimento (dv/dt), períodos sistólicos e diastólicos.

Inicialmente, o propósito desta investigação foi determinar os valores normais da ventriculografia radioisotópica.

As informações disponíveis na literatura referem-se quase exclusivamente ao sexo masculino. Não foram encontradas referências a estudos comparativos da função ventricular entre os sexos.

## MATERIAL E MÉTODOS

Foram estudados 20 voluntários assintomáticos, com idades variando de 19 a 40 anos (média 26 anos), sendo 11 homens. Sem história de cardiopatia, todos apresentavam exame clínico normal e teste ergométrico negativo, realizado no máximo 15 dias antes do estudo radioisotópico. A eletrocardiografia de esforço realizou-se em rampa ergométrica segundo protocolo de Bruce. Para a realização da ventriculografia radioisotópica, estabeleceram-se as seguintes recomendações: ausência de medicação com efeito cardiovascular, jejum de pelo menos 3 horas e abstinência de fumo no dia da prova.

Utilizou-se a técnica de marcação das hemácias "in vivo" relatada por Pavel<sup>14</sup>, em que se administra 25 mCi de <sup>99</sup>Tc pertecnato em vela periférica, 20 a 30 min após a injeção endovenosa de 1 mg de cloreto estanoso. Empregou-se a projeção oblíqua anterior esquerda, que melhor distinguia as câmaras ventriculares. Como sistema de detecção, foi utilizada uma gama-câmara com 37 fotomultiplicadoras e colimador paralelo de uso geral para baixa energia. Os dados foram obtidos através de sincronismo eletrocardiográfico e processados em um computador com

32 Kbytes. Obtiveram-se 2.500.000 contagens em "list-mode", distribuídas em 20 e 32 imagens por ciclo cardíaco, com resolução temporal de 30 ms/foto em repouso e 20 ms/foto durante esforço<sup>1,16</sup>.

Através da curva do volume ventricular esquerdo, determinaram-se os valores da fração de ejeção, intervalos sistólicos e diastólicos e ritmos de enchimento e esvaziamento ventriculares. Esses dados permitiram obter imagens representativas do final da diástole e da sístole, do volume de ejeção, assim como analisar a cinética da parede ventricular.

Imediatamente após o estudo em repouso, iniciou-se a prova de esforço, de acordo com o protocolo de Bruce. Os pacientes permaneceram durante a prova com o tórax imóvel, sendo o exercício realizado em uma bicicleta ergométrica acoplada à mesa de exames. Todos os pacientes foram submetidos a exercício adequado, sendo a gravação das imagens obtidas durante o exercício, após atingir a frequência cardíaca submáxima.

## RESULTADOS

As variáveis obtidas durante a ventriculografia radioisotópica estão apresentadas na tabela I. As médias das frequências cardíacas foram 77 bpm (repouso) e 160 bpm (esforço), sem diferença estatisticamente significativa entre os sexos. O produto da frequência cardíaca pela pressão arterial sistólica durante esforço foi superior a 25.000 em todos os pacientes. A comparação entre os sexos dessa medida mostrou valores significativamente superiores no grupo masculino ( $p < 0,01$ ). A tensão arterial apresentou uma variação, entre as determinações obtidas em repouso e durante exercício, no sentido esperado.

**TABELA I – Valor, média (X) e desvio padrão (DP) das variáveis estudadas em 20 pacientes submetidos à ventriculografia radioisotópica em repouso e durante esforço e diferença obtida entre as duas condições.**

Paciente n.º	Repouso				Esforço				Variação relativa de FE (%)
	TA (mmHg)	FC (bpm)	TA Sist x FC (mmHg x bpm)	FE (%)	TA (mmHg)	FC (bpm)	TA Sist x FC (mmHg/min)	FE (%)	
1	120/70	65	7,800	58,1	240/35	162	38,800	65,2	12,0
2	130/90	80	10,400	57,2	220/60	164	36,000	70,2	22,7
3	130/85	78	10,100	71,9	240/45	161	38,600	83,2	15,7
4	130/80	75	9,700	53,6	195/70	152	29,600	64,2	19,8
5	130/55	54	7,000	53,1	220/40	168	37,100	66,0	24,5
6	110/70	84	9,200	50,0	200/60	150	34,800	75,0	50,0
7	125/90	72	9,000	51,0	210/80	160	34,800	62,0	21,0
8	160/80	90	14,400	63,5	210/65	185	38,800	78,7	25,1
9	140/90	76	10,600	49,6	220/45	180	39,600	60,3	21,5
10	120/60	75	9,000	62,4	220/30	170	37,400	76,3	22,3
11	115/75	67	7,700	55,0	160/30	167	26,700	68,0	23,6
12	130/80	76	9,800	56,0	210/70	183	36,600	65,8	17,5
13	90/65	72	6,500	52,7	170/30	167	28,300	59,7	13,2
14	120/80	92	11,000	49,1	180/60	172	30,900	53,4	10,0
15	115/65	75	8,600	50,2	150/45	173	25,900	64,3	28,0
16	120/70	70	8,400	53,4	180/40	173	31,000	58,9	10,3
17	120/80	84	10,000	50,6	160/90	170	27,200	62,6	23,7
18	110/50	82	9,000	44,8	180/30	168	30,200	69,6	33,0
19	140/80	90	12,600	49,6	180/60	170	30,600	59,3	19,5
20	100/70	83	8,300	52,1	170/80	160	27,200	60,6	16,1
X	123/74	77	9,455	54,1	196/52	168	33,010	63,6	21,3
DP				6,1				7,58	8,92

TA = tensão arterial; TA sist = tensão arterial sistólica; FC = frequência cardíaca; FE = fração de ejeção.

A avaliação da curva de volume ventricular, esquerdo revelou uma fração de ejeção média em repouso de 54,1%  $\pm$  6,1% e em esforço de 65,6%  $\pm$  7,6%. Os resultados da fração de ejeção no grupo masculino mostraram valores

significativamente superiores aos do grupo feminino: em repouso, nos homens, 56,8%  $\pm$  6,8%, e nas mulheres, 50,94%  $\pm$  3,2% ( $p < 0,05$ ); durante esforço, em homens, 69,9%  $\pm$  7,4% e nas mulheres 60,5%  $\pm$  3,5% ( $p < 0,01$ ) (fig. 1).

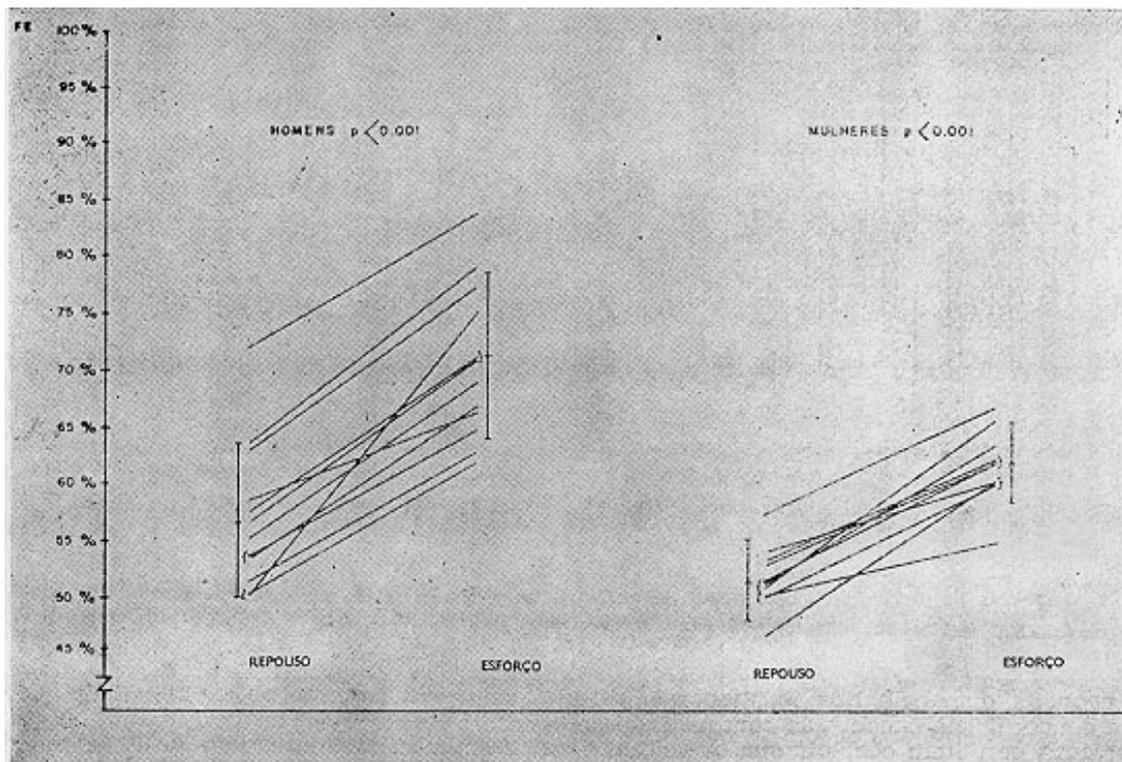


Fig. 1 - Distribuição da fração de ejeção e sua variação com o exercício em 20 homens e mulheres normais, submetidos à ventriculografia radioisotópica.

A variação média da fração de ejeção com o esforço foi de 21,3%  $\pm$  8,9%, sendo 23,3%  $\pm$  9,6% nos homens e 19,0%  $\pm$  7,9% nas mulheres, não havendo diferença significativa entre os grupos.

Todos os voluntários demonstraram cinética normal da parede ventricular esquerda, com maior amplitude do movimento durante o esforço.

## DISCUSSÃO

Nossos resultados, em indivíduos do sexo masculino, não diferiram daqueles apresentados na literatura<sup>17-20</sup>.

Na figura 2, estão expostos os resultados médios da fração de ejeção, em repouso e exercício, obtidos por diferentes grupos de investigadores, utilizando metodologias comparáveis.

O grupo feminino, analisado separadamente, revelou valores significativamente inferiores aos do grupo masculino desse estudo e, conseqüentemente, dos demais trabalhos publicados, tanto da fração de ejeção de repouso como durante o esforço. A medida da variação da fração de ejeção com o esforço tem apresentado alta sensibilidade no diagnóstico de situações que podem comprometer a reserva funcional miocárdica. Seu comportamento conforme o sexo, nesta investigação, e sua comparação com os diferentes

trabalhos consultados<sup>17,20</sup>, revelou valores aproximados em indivíduos normais que permitem separar os pacientes portadores de isquemia miocárdica ao esforço.

Houve consenso quanto aos critérios de normalidade para a variação da fração de ejeção com o esforço: aumento igual ou superior a 5% em termos absolutos e/ou 10% em termos relativos<sup>21-23</sup>.

Em indivíduos normais, não se observaram anormalidades na contração ventricular em repouso e houve melhora de seu desempenho durante o esforço, o que faz da ocorrência de anormalidades regionais da contração ventricular um elemento altamente específico no diagnóstico de coronariopatia<sup>31,24,25</sup>.

Todos os voluntários examinados enquadraram-se nesses critérios de normalidade: não apresentaram aumentos da fração de ejeção inferiores a 10% nem alterações regionais da contratilidade ventricular.

A reprodutibilidade e a exatidão desse procedimento são dependentes de um protocolo rígido, que envolve a posição do paciente, a colocação das áreas de interesse do ventrículo esquerdo e da radiação de fundo<sup>26</sup> e a obtenção de um exercício adequado<sup>27</sup>.

Cumprе salientar o caráter não invasivo e a mínima dose de radiação a que são submetidos os pacientes quando da realização da ventriculografia radioisotópica de esforço.

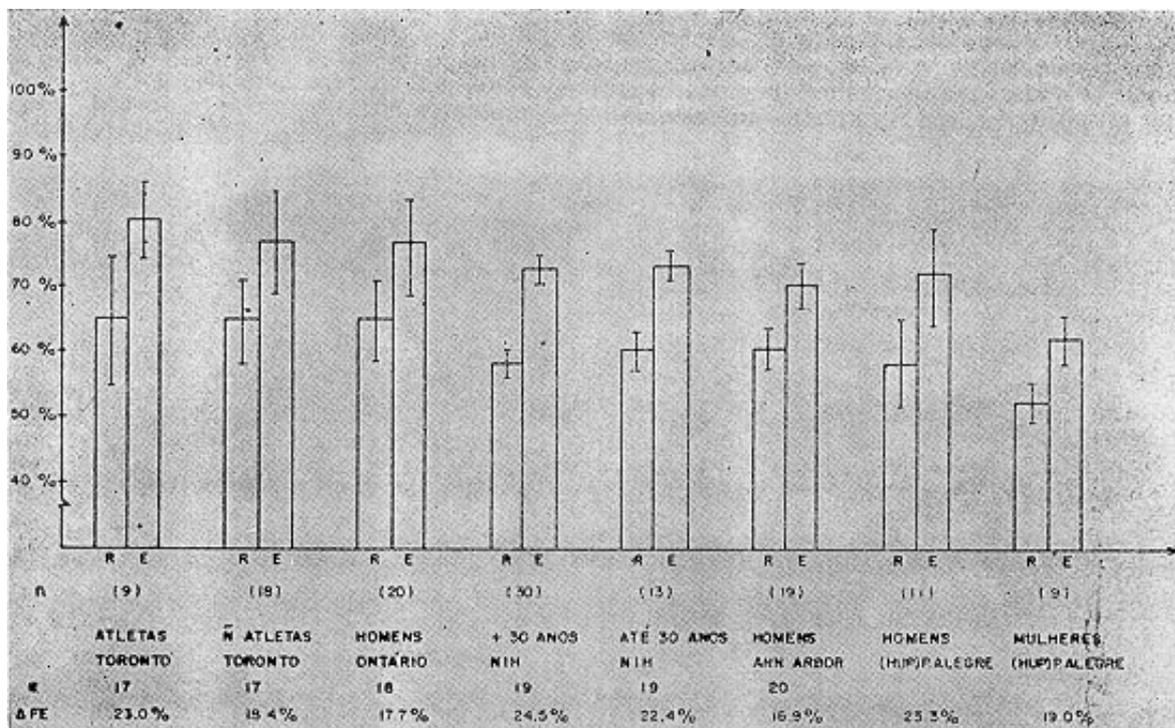


Fig. 2 - Médias da fração de ejeção (FE) durante ventriculografia radioisóptica em repouso (R) e em exercício (E), obtidas em diferentes serviços de medicina nuclear. n = N° de pacientes estudados; \* = referências bibliográfica.

A pequena dispersão dos resultados obtidos e a concordância encontrada com os dados da literatura permitem concluir que os valores analisados são representativos da normalidade, asseguram a qualidade da técnica empregada e seu potencial na investigação diagnóstica da coronariopatia.

SUMMARY

Twenty young volunteers of both sexes were examined by radioisotopic techniques to establish the normal range of ventricular function at rest and the response to a stress test.

The results were consistent with those reported for males in the current literature. In the female group the results were slightly inferior both at rest and stress.

REFERÊNCIAS

1. Strauss, H. M.; Zaret, B. L.; Huley, P. J. et al. - A scintiphotographic method for measuring left ventricular ejection fraction in man without cardiac catheterization. *Am. J. Cardiol.* 28.: 575, 1971.
2. Borer, J. S.; Bacharach, S. L.; Green, M. V. et al. - Rapid evaluation of left ventricular function during exercise in patients with coronary artery disease. *Circulation* 54. (Suppl 2): 11.6, 1976
3. Brady, T. J.; Thrall, J. H.; Walton, J. A. et al. - Exercise radionuclide ejection fraction: correlation with exercise contrast ventriculography. *Radiology*, 132: 703, 1979.
4. Wackers, F. J.; Harvey, J. B.; Johnstone, D. E. et al. - Multiple gated cardiac blood pool imaging for left ventricular ejection fraction: validation of the technique and assessment of variability. *Am. J. Cardiol.* 43: 1159, 1979.
5. Hecht, H. S.; Josephson, M. A.; Hopkins, J. M. et al. - Reproducibility of equilibrium radionuclide ventriculography in patients with coronary artery disease: response of left ventricular ejection fraction and

regional wall motion to supine bicycle exercise. *Am. Heart J.* 104: 567, 1982.

6. Pfisterer, M. E.; Battler, A.; Swanson, S. M. et al. Reproducibility of ejection fraction determinations by equilibrium radionuclide angiography in response to supine bicycle exercise; concise communication. *J. Nucl. Med.* 20: 491, 1979.
7. Bodenheimer, M. M.; Banka, V. S.; Fooshee, C. M. et al. - Quantitative radionuclide angiography in the right anterior oblique view: comparison with contrast ventriculography. *Am. J. Cardiol.* 45: 718, 1978.
8. Rifkin, R. D.; Hood, W. B. - Bayesian analysis of electrocardiography exercise stress testing. *N. Engl. J. Med.* 297: 681, 1977.
9. Epstein, S. E. - Value and limitation of electrocardiography response to exercise in the assessment of patients with coronary artery disease. *Am. J. Cardiol.* 42: 667, 1978.
10. Epstein, S. E. - Limitations of electrocardiography exercise testing. *N. Engl. J. Med.* 301: 264, 1979.
11. Froelicher, V. F.; Yanowitz, I.; Thompson, A. J. et al. - The correlation of coronary angiography and the electrocardiography response to maximal treadmill test in 76 asymptomatic men. *Circulation*, 48: 597, 1973.
12. Aldrich, R. F.; Brensike, J. D.; Battaglini, J. W. et al. - Coronary calcification in the detection of coronary artery disease and comparison with electrocardiography exercise testing. *Circulation*, 59: 1113, 1979.
13. Okada, R. D.; Boucher, C. A.; Strauss, H. W. et al. - Exercise radionuclide imaging approaches to coronary artery disease. *Am. J. Cardiol.* 46: 1188, 1980.
14. Pavel, D. G.; Zimmer, A. M.; Patterson, V. M. - In vivo labeling of red blood cells with <sup>99</sup>Tc: a new approach to blood visualization. *J. Nucl. Med.* 18: 305, 1977.
15. Bacharach, S. L.; Green, M. V.; Borer, J. S. et al. - Left ventricular peak ejection rate filling rate and ejection fraction frame rate requirements at rest exercise: concise communication. *J. Nucl. Med.* 20: 189, 1979.
16. Pfisterer, M. E.; Ricci, J. R.; Schuler, I. et al. - Validity of ventricular ejection fractions measured at rest and peak exercise by equilibrium radionuclide angiography using short acquisition times. *J. Nucl. Med.* 20: 484, 1979.

ventriculografia radioisotópica

17. Shlomo, B. Z.; Druck, M. N.; Morch, J. E. et al. - Left ventricular function in trained and untrained healthy subjects. *Circulation*, 65: 484, 1982.
18. Manyari, D. E.; Melewjka, A. J.; Purves, P et al. - Comparative value of cold pressor test and supine bicycle exercise to detect subjects with coronary artery disease using radionuclide ventriculography. *Circulation*, 65: 571, 1982.
19. Boer, J. S.; Kent, K. M.; Bacharach, S. L. et al.- Sensitivity, specificity and predictive accuracy of radionuclide cineangiography during exercise in patients with artery disease. *Circulation*, 60: 572, 1972.
20. Brady, T. J.; Thrall, J. H.; Clare, J. M. et al. - Exercise radionuclide ventriculography: practical considerations and sensitive of coronary artery disease detection. *Radiology*, 132: 697, 1979.
21. Berger, H. J.; Reduto, L. A.; Johnstone, D. E. et al. - Global and regional left ventricular response to bicycle exercise in coronary artery disease: assessment by quantitative radionuclide angiocardiology. *Am. J. Med.* 66: 13, 1979.
22. Okada, R. D.; Pohost, G. M.; Kirshenbanm, H. D. et al. - Radionuclide determined change in pulmonary blood volume with exercise. *N. Engl. J. Med.* 301: 569, 1979.
23. Veranir, M. S.; Hartung E. H.; Hoepfel Harris, E. et al. - Effects of exercise training on left ventricular performance and myocardial perfusion in patients with coronary artery disease. *Am. J. Cardiol.* 47: 79, 1981.
24. Jones, R. H.; McEwan, P.; Newman, G. E. et al. - Accuracy of diagnosis of coronary artery disease by radionuclide measurement of left ventricular function during rest and exercise. *Circulation*, 64: 586, 1981.
25. Jengo, J. A. Freeman, R.; Brizendine M. et al. - Detection coronary artery disease: comparison of exercise stress radionuclide angiocardiology and thallium stress perfusion scanning. *Am. J. Cardiol.* 4.5: 535, 1980.
26. Chang, W.; Henkin, R. E.; Hale, D. J. et al. - Methods for detection of left ventricular edges. *Semin. Nucl. Med.* 10: 39, 1980.
27. Wesler, J. P.; Steingart, R. M.; Blaifox M. D. - Physiologic intervention in cardiovascular nuclear medicine. *Semin. Nucl. Med.* 11: 68, 1981.